

(12)特許協力条約に基づいて公開された国際出願

訂正版

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2002 年 3 月 28 日 (28.03.2002)

PCT

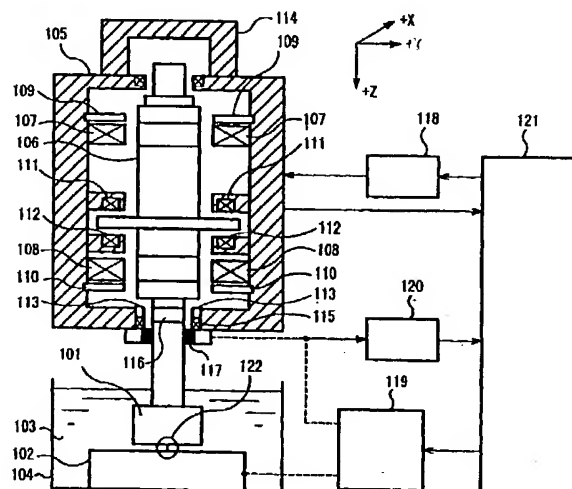
(10) 国際公開番号
WO 02/024389 A1

- (51) 国際特許分類: B23H 7/32 (72) 発明者; および
(21) 国際出願番号: PCT/JP01/08146 (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 今井祥人 (IMAI, Yoshihito) [JP/JP], 三宅英孝 (MIYAKE, Hidetaka) [JP/JP], 中川孝幸 (NAKAGAWA, Takayuki) [JP/JP]; 〒100-8310 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP).
(22) 国際出願日: 2001 年 9 月 19 日 (19.09.2001)
(25) 国際出願の言語: 日本語
(26) 国際公開の言語: 日本語
(30) 優先権データ: 特願2000-285112 2000 年 9 月 20 日 (20.09.2000) JP (81) 指定国 (国内): CN, JP, KR, US.
(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 三菱電機株式会社 (MITSUBISHI DENKI KABUSHIKI KAISHA) [JP/JP]; 〒100-8310 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 Tokyo (JP). (84) 指定国 (広域): ヨーロッパ特許 (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR).
添付公開書類:
— 国際調査報告書

[続葉有]

(54) Title: ELECTRIC DISCHARGE MACHINING DEVICE AND ELECTRIC DISCHARGE MACHINING METHOD

(54) 発明の名称: 放電加工装置及び放電加工方法



(57) Abstract: A machining condition is controlled by an electrode drive unit consisting of a machining electrode (101) mounting unit (106), radial drive units (107, 108) for supporting and driving the mounting unit (106) in a radial direction and in non-contact, and thrust drive units (111, 112) for supporting and driving the mounting unit (106) in a thrust direction and in non-contact, and by adjusting the position of the machining electrode (101) by means of the electrode drive unit. Such arrangement restrains an increase in mass of a portion to be driven concurrently with the electrode, and delivers a high responsiveness in X-axis, Y-axis and Z-axis directions, thereby providing an electric discharge machining device capable of being improved in machining speed and machining precision.

[続葉有]

WO 02/024389 A1



- (48) この訂正版の公開日: 2002 年 10 月 10 日 2 文字コード及び他の略語については、定期発行される各 PCT ガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。
- (15) 訂正情報:
PCT ガゼット セクション II の No.41/2002 (2002 年 10 月 10 日) を参照

(57) 要約:

加工用電極（101）を取付ける電極取付け部（106）、電極取付け部（106）をラジアル方向に非接触に支持および駆動するラジアル駆動部（107、108）、電極取付け部（106）をスラスト方向に非接触に支持および駆動するスラスト駆動部（111、112）とからなる電極駆動部と、電極駆動部により加工用電極（101）の位置を調整することで加工状態を制御する。このような構成により、電極と同時に駆動しなければならない部分の質量増加をおさえ、X 軸、Y 軸、Z 軸方向の高応答性を実現することにより加工速度、加工精度の改善が可能な放電加工装置を実現する。

明 細 書

放電加工装置及び放電加工方法

技術分野

- 5 本発明は、加工用電極と被加工物の間に電圧を印加して放電を発生させて加工を行う放電加工装置及び放電加工方法に関し、特に、電極駆動のX軸、Y軸、Z軸方向の高速応答性を実現し、更に加工精度の向上を図る放電加工装置及び放電加工方法に関するものである。

10 背景技術

- 加工液中に加工用電極と被加工物を配置し、それらの間に電圧を印加し、放電を発生させ加工を行う放電加工では、安定な加工状態を維持しながら所望の形状を加工するために、加工用電極または被加工物の位置を調整するための駆動装置が構成されている。第17図は例えば
15 ば「放電加工技術－基礎から将来展望まで－」日刊工業新聞社（1997）、p63～p64において説明されている従来の放電加工装置の概略構成を示す構成図である。

- 第17図において、101は加工用電極、102は被加工物、103は加工液、104は加工槽、1201は加工用電極101を取り付ける電極取付け部、501は電極取付け部1201を支持するヘッド部、502は加工用電極101と電極取付け部1201とヘッド部501を駆動するヘッド駆動部、503はコラム部、504は加工用電極101と電極取付け部1201とヘッド部501とヘッド駆動部502とコラム部503とを駆動するコラム駆動部、505はサドル部
20 、506は加工用電極101と電極取付け部1201とヘッド部501とヘッド駆動部502とコラム部503とコラム駆動部504とサ

ドル部 505 とを駆動するサドル駆動部、507 はベッド部である。
ヘッド駆動部 502、コラム駆動部 504、サドル駆動部 506 は、
例えば、AC モータとボールネジから構成され、それぞれは電極を Z
方向へ位置決めするための駆動部、Y 方向へ位置決めするための駆動
5 部、X 方向へ位置決めするための駆動部となる。また、119 は加工
用電極 101 と被加工物 102 に加工エネルギーを供給するための加工
用電源、120 は加工状態を検出するための加工状態検出装置、12
02 は電極取付け部 1201、ヘッド駆動部 502、コラム駆動部 5
04、サドル駆動部 506 のそれぞれに駆動電流を供給し位置決めを
10 行うためのサーボアンプ、1203 はサーボアンプ 1202 および加
工用電源 119 へ指令値を与える制御装置である。さらに、122 は
加工用電極 101 と被加工物 102 との間で進んでいる放電加工プロ
セスを示す。

第 18 図は、第 17 図に示す放電加工装置での放電加工状態を制御
15 するための極間制御系を示す。図において、301 は放電加工プロセ
ス部、302 は加工状態検出部、303 は目標値設定部、304 は加
工軌跡設定部、1301 は加工制御部、1302 は XYZ 駆動制御部
、1303 は電流アンプ部、1304 は XYZ 駆動部であり、130
5 は XYZ 駆動制御部 1302 と電流アンプ部 1303 と XYZ 駆動
20 部 1304 からなる XYZ 駆動装置である。放電加工プロセス部 30
1 は放電加工プロセス 122 に、加工状態検出部 302 は加工状態検
出装置 120 に、XYZ 駆動制御部 1302 と電流アンプ部 1303
はサーボアンプ 1202 に XYZ 駆動部 1304 はヘッド駆動部 50
2、コラム駆動部 504、サドル駆動部 506 に対応する。また、目
25 標値設定部 303、加工軌跡設定部 304、加工制御部 1301 は、
制御装置 1203 に構成される。また、y は放電加工プロセスの状態

量、 y_m は加工状態検出部302で検出された検出値、 r は目標値設定部303で設定された目標値、 e は目標値 r と検出値 y_m とから求められた偏差、 R_p は加工軌跡設定部304で設定された加工軌跡ベクトル、 U_p はXYZ駆動制御部1302への位置指令値、 U_c は電
5 流アンプ部1303への電流指令値、 I_c はXYZ駆動部1304へ供給される電流量、 S_t はXYZ駆動部1304から得られる位置検出値、 M_p はXYZ駆動部1304にり操作される電極位置操作量を示す。XYZ駆動制御部1302への位置指令値 U_p は、偏差 e と加工軌跡ベクトル R_p より加工制御部1301で求められる。位置指令
10 値 U_p は、加工軌跡ベクトル R_p が直交座標系(XYZ)で与えられるため、同じ直交座標系(XYZ)となる。また、位置検出値 S_t はX方向、Y方向、Z方向の検出値である。したがって、XYZ駆動制御部1302では、位置指令値 U_p と位置検出値 S_t とを比較し、電流ア
ンプ部1303への電流指令値 U_c を求める。電流指令値 U_c は、ヘ
15 ッド駆動部502、コラム駆動部504、サドル駆動部506の3台の電流アンプにそれぞれ与えられる。すなわち、第18図に示した従来の極間制御系では、加工状態検出部302でたとえば平均極間電圧を検出し、その検出値が所定の目標値と一致するように、XYZ駆動装置1305により加工用電極を移動させ、安定な加工状態を実現し
20 ようとしている。

しかしながら、加工状態は不規則に変動しており、安定な加工状態を維持するためにはXYZ駆動装置の高速応答性が重要となる。安定な加工状態を維持できない場合には、短絡状態や集中アーク状態などが頻繁に発生し、加工に寄与する有効な放電状態が減少することで加
25 工速度の低下を招いてしまう。また、短絡状態や集中アーク状態などが頻繁に発生することにより、加工面にクラックやピットが形成され

たり、局所的に電極の異常消耗が発生し、その結果、加工面品質の低下や加工精度の悪化を招く。X Y Z 駆動装置の高速応答性が期待できない場合には、加工中の極間距離が比較的広くなるような加工条件を選ぶことにより、安定な加工状態を維持しようとするため、高精度な加工を実現することが困難となる。

ところで、日本特許 2 7 1 4 8 5 1 号「放電加工制御装置」の特許公報には、上記のような加工電極駆動装置の高速応答性の問題点を解決する一つの手段として、同軸方向に加工用電極及び被加工物のうち少なくとも一方を移動させるために、周波数特性の異なる複数の駆動機構を組み合わせ、その組み合わせた駆動系で極間制御系を構成することが記載されている。しかしながら、X 方向、Y 方向、Z 方向の全ての方向において高速応答を実現できる具体的な駆動機構については述べられておらず、また、安定な加工状態を維持するために利用されるジャンプ動作や揺動動作を伴う場合の加工制御方法あるいは制御装置についても言及されていない。

また、特開平 1 - 2 3 4 1 6 2 号公開公報(日本出願)に開示された加工方法では、研削加工機において、従来のモータとボールネジによる工具のワークへの切り込み動作に替えて、磁気軸受スピンドルを備え、スピンドルをあらかじめ決められた目標値に基づいてスピンドル径方向に移動させることで工具へのワークへの切り込み動作を高速に行う方法を考案し、加工能率や加工精度が改善できるとしている。放電加工では、加工用電極は加工軌跡に基づいて X Y Z 方向に駆動し、その駆動量は放電加工状態に基づいて加工が安定となるように決定しなければならない。また、加工によって駆動量が数 μm から数十 cm になる場合があり、磁気軸受スピンドルで駆動できる駆動量では加工を行えない場合もある。すなわち、上記特開平 1 - 2 3 4 1 6 2 号公

開公報に示された加工方法では、駆動方向を制御するような構成になっていないため、放電加工に適用しても良好な加工結果を得ることは困難である。

従来の放電加工装置において、加工用電極 101 を X 軸、Y 軸および Z 軸の各方向へ駆動する場合、ヘッド駆動部 502 は加工用電極 101 以外に電極取付け部 1201 とヘッド部 502 を Z 軸方向へ駆動し、コラム駆動部 504 は加工用電極 101 以外に電極取付け部 1201 とヘッド部 501 とヘッド駆動部 502 とコラム部 503 を Y 軸方向へ駆動し、サドル駆動部 506 は加工用電極 101 と電極取付け部 1201 とヘッド部 501 とヘッド駆動部 502 とコラム部 503 とコラム駆動部 504 とサドル部 505 を X 軸方向へ駆動する必要がある。このため、それぞれの駆動部の応答性を実現するうえで、加工用電極 101 以外に加工用電極 101 と同時に X 軸、Y 軸および Z 軸の各方向へ駆動する部分の質量の増加を考慮しなければならないという問題点があった。この場合の応答性は、ヘッド駆動部 502 の応答性 > コラム駆動部 504 の応答性 > サドル駆動部 506 の応答性となり、サドル駆動部 506 の応答性により加工状態の制御性能が決定され、その結果、加工速度、および加工精度を改善する上で障害となっていた。

この発明は、上述のような課題を解決するためになされたもので、加工用電極と同時に X 軸、Y 軸および Z 軸の各方向へ駆動しなければならない部分の質量の増加を抑制でき、X 軸、Y 軸および Z 軸方向の高速応答性を実現することを可能にし、加工速度、および加工精度の改善が可能な放電加工装置を得ることを目的とする。

25

発明の開示

本発明の第 1 の構成である放電加工装置は加工用電極を取付ける電極取付け手段と、電極取付け手段をラジアル方向に非接触に駆動するラジアル方向駆動手段及び電極取付け手段をスラスト方向に非接触に駆動するスラスト方向駆動手段を有する電極駆動手段と、放電加工状態を検出する加工状態検出手段と、放電加工状態の制御目標を設定する目標値設定手段と、加工軌跡を設定する加工軌跡設定手段と、加工状態検出手段により検出された検出値が目標値設定手段により設定された目標値に一致するように、加工軌跡設定手段で設定された加工軌跡を考慮しながら電極駆動手段により加工用電極の位置を調整する加工制御手段とを備えたものである。これにより、加工用電極と同時に駆動しなければならない部分の質量増加をおさえ、電極駆動の X 軸、Y 軸、Z 軸方向の高速応答性を実現することが可能となり、加工状態が不規則に変動している場合にも安定な加工状態を維持することができ、加工速度を改善、さらには加工精度を改善できるという効果がある。

また、本発明の第 2 の構成である放電加工装置は、加工用電極を取付ける電極取付け手段と、電極取付け手段をラジアル方向に非接触に駆動するラジアル駆動手段及び電極取付け手段をスラスト方向に非接触に駆動するスラスト駆動手段を有する電極駆動手段と、電極駆動手段または被加工物の位置を調整する位置調整手段と、放電加工状態を検出する加工状態検出手段と、放電加工状態の制御目標を設定する目標値設定手段と、加工軌跡を設定する加工軌跡設定手段と、加工状態検出手段により検出された検出値が目標値設定手段により設定された目標値に一致するように、加工軌跡設定手段で設定された加工軌跡を考慮しながら電極駆動手段と位置調整手段とを協調させて加工用電極と被加工物との相対位置を調整する協調加工制御手段とを備えたもの

である。これにより、電極駆動のX軸、Y軸、Z軸方向の高速応答性を実現することが可能となり、加工状態が不規則に変動している場合にも安定な加工状態を実現すると同時に、位置調整装置により加工の進行に追従して電極駆動装置の位置を調整することで、電極駆動部の
5 駆動距離の制限を受けることなく、加工速度を改善、さらには加工精度を改善できるという効果がある。

また、本発明の第3の構成である放電加工装置は、第2の構成である放電加工装置において、協調加工制御手段は、位置調整手段によりジャンプ動作をおこなうためのジャンプ動作制御手段を有するように
10 したものである。これにより、電極駆動のX軸、Y軸、Z軸方向の高速応答性を実現すると同時に、電極駆動手段の駆動距離の制限を受けることなく、ジャンプ動作により極間に滞在する加工くずを強制的に排出しながら加工することが可能となり、加工深さが深くなっても加工速度を改善、さらには加工精度を改善できる効果がある。

また、本発明の第4の構成である放電加工装置は、第2の構成である放電加工装置において、協調加工制御部は、電極駆動手段により揺動動作を行なうための揺動動作制御手段を有するようにしたものである。これにより、X軸、Y軸、Z軸方向の高速応答性により安定な揺動加工状態を維持することができ、加工速度と加工精度を改善できる
20 という効果がある。

また、本発明の第5の構成である放電加工装置は、第2の構成である放電加工装置において、協調加工制御部は、位置調整手段によりジャンプ動作をおこなうためのジャンプ動作制御手段と電極駆動手段により揺動動作を行なうための揺動動作制御手段を有するようにした
25 ものである。これにより、X軸、Y軸、Z軸方向の高速応答性を実現すると共に電極駆動手段の駆動距離の制限を受けることなく、ジャンプ

動作により極間に滞在する加工くずを強制的に排出しながら加工することが可能となり、加工深さが深くなっても加工速度を改善、さらには加工精度を改善できる効果がある。

また、本発明の第 6 の構成である放電加工装置は、第 1 の構成又は
5 第 2 の構成である放電加工装置において、電極駆動手段は、電極取付け手段を回転させるための回転駆動手段と回転角度と回転角速度のうち少なくとも一つを検出する回転検出手段とを有し、加工制御手段又は協調加工制御手段は回転制御手段を有するようにしたものである。
これにより、X 軸、Y 軸、Z 軸方向の高速応答性を実現すると共に電
10 極駆動手段の駆動距離の制限を受けることなく、ジャンプ動作により極間に滞在する加工くずを強制的に排出しながら加工することが可能となり、加工深さが深くなっても加工速度を改善、さらには加工精度を改善できる効果がある。

本発明の第 7 の構成である放電加工方法によれば、加工用電極を取
15 付ける電極取付け手段をラジアル方向に非接触に駆動すると共に電極取付け手段をスラスト方向に非接触に駆動し、駆動するための手段又は被加工物の位置を調整し、検出された放電加工状態の検出値が、設定された放電加工状態の目標値に一致するように、設定された加工軌跡を考慮しながら、被加工物に対する加工用電極の位置を調整するよ
20 うにしたので、加工用電極と同時に駆動しなければならない部分の質量増加をおさえ、電極駆動の X 軸、Y 軸、Z 軸方向の高速応答性を実現することが可能となり、加工状態が不規則に変動している場合にも安定な加工状態を維持することができ、加工速度を改善、さらには加工精度を改善できるという効果がある。

25 本発明の第 8 の構成である放電加工方法によれば、加工用電極を取付ける電極取付け手段をラジアル方向に非接触に駆動すると共に電極

取付け手段をスラスト方向に非接触に駆動し、駆動するための手段又は被加工物の位置を調整し、検出された放電加工状態の検出値が、設定された放電加工状態の目標値に一致するように、設定された加工軌跡を考慮しながら、上記駆動と上記調整の各手段を協調させて、被加工物に対する加工用電極の位置を調整するようにしたので、電極駆動のX軸、Y軸、Z軸方向の高速応答性を実現することが可能となり、加工状態が不規則に変動している場合にも安定な加工状態を実現すると同時に、位置調整装置により加工の進行に追従して電極駆動装置の位置を調整することで、電極駆動部の駆動距離の制限を受けることなく、加工速度を改善、さらには加工精度を改善できるという効果がある。

本発明の第9の構成である放電加工装置は、ワイヤ状加工用電極を通すための貫通穴を有し、該電極の保持および送り機構を有する電極取付け手段と、該電極取付け手段をすくなくともスラスト方向に非接触に駆動するスラスト方向駆動手段とを有する電極駆動手段と、放電加工状態を検出する加工状態検出手段と、放電加工状態の制御目標を設定する目標値設定手段と、該加工状態検出手段により検出された検出値が該目標値設定手段により設定された目標値に一致するように該電極駆動手段により該加工用電極の位置を調整する加工制御手段と、該電極の保持あるいは送りを調整する電極供給制御手段とを備えたものである。これにより、スラスト方向の高応答性を実現し、加工状態が不規則に変動している場合でも常に安定な加工状態を維持することができる。

本発明の第10構成である放電加工装置は、上記第9の構成である放電加工装置において、上記電極駆動手段が有する貫通穴へワイヤ状加工用電極を自動で供給する加工電極自動供給手段を備えたものである。

る。これにより、第 9 の構成による効果に加えて、穴加工を連続的に効率よく行うことができる。

本発明の第 11 の構成である放電加工装置は、上記第 9 または上記第 10 の構成である放電加工装置において、上記電極駆動手段には、上記電極取付け手段を回転させるための回転駆動手段を備えたものである。これにより、第 9 または第 10 の構成による効果に加えて、穴加工の場合に電極を回転させながら加工を行うことにより、安定な加工を実現することができる。

10 図面の簡単な説明

第 1 図は本発明の実施例 1 である放電加工装置の構成を表す断面図であり、第 2 図は第 1 図に示した放電加工装置における電極駆動部の電磁石部および位置検出部の配置を示す構成図であり、第 3 図は第 1 図に示した放電加工装置における極間制御系を示すブロック図であり、第 4 図は第 3 図に示した極間制御系の動作内容を示すフロー図であり、第 5 図は本発明の実施例 2 である放電加工装置の構成を表す構成図であり、第 6 図は第 5 図に示した放電加工装置における極間制御系を示すブロック図であり、第 7 図は第 6 図に示した極間制御系を詳しく示すブロック図であり、第 8 図は第 5 図に示した極間制御系の動作内容を示すフロー図であり、第 9 図は本発明の実施例 3 である放電加工装置における極間制御系の一部を示すブロック図であり、第 10 図は本発明の実施例 4 である放電加工装置における極間制御系の一部を示すブロック図であり、第 11 図は本発明の実施例 5 である放電加工装置における電極駆動手段を示す構成図であり、第 12 図は第 11 図に示す電極駆動手段を有する放電加工装置における極間制御系の一部を示すフロー図であり、第 13 図は本発明の実施例 6 である放電加工

装置の概略を示す構成図であり、第 14 図は第 13 図に示す放電加工装置での放電加工状態を制御するための極間制御系、及び電極供給制御系のブロック図であり、第 15 図は第 14 図に示す電極供給制御系における動作内容を示すフロー図であり、第 16 図は本発明の実施例 5 6 である別の放電加工装置の特徴ある部分の概略を表す構成図であり、第 17 図は従来の放電加工装置を示す構成図であり、第 18 図は第 17 図に示した放電加工装置における極間制御系を示すブロック図である。

10 発明を実施するための最良の形態

実施例 1

第 1 図は本発明の実施例 1 である放電加工装置の概略構成を示す構成図である。図において、101 は加工用電極、102 は被加工物、103 は加工液、104 は加工槽、105 は電極駆動部、106 は加工用電極 101 を取付ける電極取付け部、107 及び 108 は電極取付け部 106 をラジアル方向に非接触に支持及び駆動するラジアル電磁石部、109 及び 110 は電極取付け部 106 のラジアル方向の位置を検出するラジアル方向位置検出部、111 及び 112 は電極取付け部 106 をスラスト方向に非接触に支持及び駆動するスラスト電磁石部、113 は電極取付け部 106 をスラスト方向の位置を検出するスラスト方向位置検出部、114 及び 115 は電極取付け部 106 を補助的に支持する補助軸受け部、116 は電極取付け部 106 の一部である絶縁部、117 は加工用電極 101 に加工電流を供給する給電部である。また、118 は電極駆動部 105 の電磁石部へ電流を供給するための電流アンプ、119 は加工用電極 101 と被加工物 102 に加工エネルギーを供給する加工用電源、120 は加工状態を検出する

ための加工状態検出装置、121は電流アンプ118及び加工用電源119へ指令値を与える制御装置である。さらに、122は加工用電極101と被加工物102との間で進んでいる放電加工プロセスを示す。

- 5 第2図の(A)は電極駆動部105においてラジアル電磁石部107および108とラジアル方向位置検出部109および110の配置を示す構成図である。第1図および第2図の(A)に示すように、4個のラジアル電磁石部107は電極取付け部106を上部でラジアル方向に非接触に支持及び駆動し、4個のラジアル電磁石部108は電極取付け部106を下部でラジアル方向に非接触に支持及び駆動する。また、それぞれのラジアル電磁石部に対応して上部に4個のラジアル方向位置検出部109と下部に4個のラジアル方向位置検出部110が配置されている。第2図の(B)は電極駆動部105においてスラスト方向に非接触に支持および駆動するスラスト電磁石部111及び112と、スラスト方向の位置を検出するスラスト方向位置検出部113の配置を示す構成図である。第1図及び第2図の(B)に示すように、2個のスラスト電磁石部111および112は電極取付け部106をスラスト方向に非接触に支持及び駆動する。また2個のスラスト方向位置検出部113が配置される。以上のように、ラジアル電磁石部107及び108とラジアル方向位置検出部109及び110により加工用電極をラジアル方向に駆動するラジアル駆動部を構成し、スラスト電磁石部111及び112とスラスト方向位置検出部113により加工用電極をスラスト方向に駆動するスラスト駆動部を構成する。これらにより電極取付け部106を非接触に支持でき、加工用電極101をXYZ軸方向へ微小駆動することができる。
- 10
15
20
25

第3図は第1図に示す放電加工装置の放電加工状態を制御するため

- の極間制御系のブロック図である。第3図において、301は放電加工プロセス部、302は加工状態検出部、303は目標値設定部、304は加工軌跡設定部、305は加工制御部、306は電極駆動制御部である。307は電流アンプ部、308は電極駆動部、309は電極駆動制御部306と電流アンプ部307と電極駆動部308とからなる電極駆動装置部である。放電加工プロセス部301は放電加工プロセス122に、加工状態検出部302は加工状態検出装置120に、電流アンプ部307は電流アンプ118に、電極駆動部308は電極駆動部105にそれぞれ対応している。
- 10 また、目標値設定部303、加工軌跡設定部304、加工制御部305、電極駆動制御部306は、制御装置121に構成される。また、 y は放電加工プロセスの状態量、 y_m は加工状態検出部302で検出された検出値、 r は目標値設定部303で設定された目標値、 e は目標値 r と検出値 y_m とから求められた偏差、 R_p は加工軌跡設定部
- 15 で設定された加工軌跡ベクトル、 U_p は電極駆動制御部306への指令値、 U_c は電流アンプ部307への電流指令値、 I_c は電極駆動部308へ供給される電流量、 S_m は電極駆動部308から得られる位置検出値、 M_p は電極駆動部308により操作される電極位置操作量を示す。
- 20 電極駆動制御装置306への位置指令値 U_p は偏差 e と加工軌跡ベクトル R_p より加工制御部305で求められる。位置指令値 U_p は、加工軌跡ベクトル R_p が直交座標系(XYZ)で与えられるため、同じ直交座標系(XYZ)となる。一方、位置検出値 S_m はラジアル方向およびスラスト方向の検出値である。また、電極駆動部308では、第
- 25 1図および第2図に示すように上部に4個のラジアル電磁石、下部に4個のラジアル電磁石、2個のスラスト電磁石により加工電極を駆動

する。したがって、電極駆動制御部 306 では、位置指令値 U_p に座標変換を行ない、ラジアル方向及びスラスト方向での位置指令値を求め、位置検出値 S_m と比較し、電流アンプ部 307 への電流指令値 U_c を求める。電流指令値 U_c は、ラジアル電磁石部 107 及び 108
5 の 8 台の電流アンプと、スラスト電磁石部 111 及び 112 用の 2 台の電流アンプに与えられる。

第 4 図は第 3 図に示した極間制御系の動作内容を示す図である。極間制御は、一般にマイクロコンピュータによるソフトウェア処理で実現され、第 4 図では k 回目の処理を示している。 $S401$ は、第 3 図
10 の加工状態検出部 302 での処理であり、放電加工プロセスの状態量 y をたとえば極間平均電圧 $y_m(k)$ として検出する。次に $S402$ では該極間平均電圧 $y_m(k)$ と目標値 r から偏差 $e(k)$ を求める。すなわち、 $S402$ は第 3 図に示す加工状態検出部 302 と目標値設定部 303 の出力から偏差を求める処理である。次に、 $S403$ で
15 は偏差 $e(k)$ に対して比例+積分補償を行い、補償して得られた量と加工軌跡ベクトル R_p から指令値 $U_p(k)$ を求める。ここで、 k_p は比例ゲイン、 k_i は積分ゲイン、 $U_p(k)$ は XYZ 軸方向のそれぞれの指令値であり、 $U_p(k)$ は直交座標系で与えられる。

$S404$ では、 $U_p(k)$ からラジアル方向およびスラスト方向へ
20 の座標変換を行い、ラジアル方向およびスラスト方向それぞれの目標値 $R_m(k)$ を求める。次に、目標値 $R_m(k)$ とラジアル方向位置検出部 109、110 およびスラスト方向位置検出部 113 からの検出値 $S_m(k)$ より偏差 $E_m(k)$ を求める。そして、偏差 $E_m(k)$ に対して比例+積分補償を行い電流アンプ 307 への指令値 $U_c(k)$
25 $k)$ を求める。ここで、 T は座標変換行列、 K_{pm} は比例ゲイン、 k_{im} は積分ゲインであり、 $S404$ での演算は行列演算の形でまとめて

記述している。S 4 0 4 の処理は、第 3 図における電極駆動制御部 3 0 6 で行なわれる。

以上のように、本発明の実施例 1 である放電加工装置では、電極駆動部 1 0 5 によれば、加工用電極 1 0 1 を取付けた電極取付け部 1 0 6 だけをラジアル電磁石部 1 0 7、1 0 8、スラスト電磁石部 1 1 1、1 1 2 によりラジアル方向及びスラスト方向に非接触に駆動するように構成したので、加工用電極 1 0 1 と同時に駆動しなければならない部分の質量増加をおさえることができる。

また、極間制御系では、加工状態検出部 3 0 2 で極間平均電圧 y_m (k) を検出し、その検出値 y_m (k) と目標値 r と加工軌跡ベクトル R_p から加工用電極 1 0 1 の駆動されるべき X Y Z 座標系での指令値 $U_p(k)$ を求め、その指令値 $U_p(k)$ に座標変換を行なうことで電極駆動部 1 0 5 のラジアル駆動部及びスラスト駆動部への目標値 $R_m(k)$ を求め、その目標値 $R_m(k)$ に従って電極駆動部 1 0 5 により加工用電極 1 0 1 をラジアル方向及びスラスト方向へ移動させるように構成したので、電極駆動部 1 0 5 により加工用電極 1 0 1 を加工軌跡ベクトル R_p に従いながら X Y Z 方向に移動させると同時に、その検出値 $y_m(k)$ を目標値 r に一致させ、安定な加工状態を実現することができる。このため、X 軸、Y 軸および Z 軸方向の高速応答性を実現することが可能となり、加工状態が不規則に変動している場合にも常に安定な加工状態を維持することができる。したがって、加工速度の改善、さらには加工精度の向上を実現することができる。

以上は、電極駆動部 1 0 5 のラジアル駆動部およびスラスト駆動部に電磁石を用いたが、スラスト駆動部においては加工用電極 1 0 1 や電極取付け部 1 0 6 の自重分をキャンセルするため永久磁石を追加し、永久磁石と電磁石とを組み合わせることで電極駆動部 1 0 5 を構成しても

よく、上記と同様の作用効果を奏する。

また、以上は、加工状態を平均極間電圧により検出することで極間制御系を構成した場合について説明したが、加工状態を放電パルスの無負荷時間により検出することで極間制御系を構成してもよく、上記
5 と同様の作用効果を奏する。

また、以上は、比例+積分補償を行ったが、比例補償や比例+積分+微分補償などのフィードバック制御系やフィードフォワード制御系などを構成してもよく、上記と同様の作用効果を奏する。

実施例 2

10 第 5 図は本発明の実施例 2 である放電加工装置を示す構成図である。第 5 図において、101~104、501~507、1202 は従来例に示した構成と同じである。また、118、119、120 は実施例 1 の構成と同一である。また、508 はサーボアンプ 1202、電極駆動部 105 の電磁石部へ電流を供給するための電流アンプ 11
15 8、および加工用電源 119 へ指令値を与える制御装置である。第 5 図において、ヘッド部 501、ヘッド駆動部 502、コラム部 503、コラム駆動部 504、サドル部 505、サドル駆動部 506 からなる位置調整部は、電極駆動部 105 の位置を調整する。電極駆動部 105 はヘッド部 501 に取付けられ、ヘッド部 501 はヘッド駆動部
20 502 により Z 軸方向へ駆動され、ヘッド駆動部 502 はコラム部 503 に取付けられ、コラム部 503 はコラム駆動部 504 により Y 軸方向へ駆動され、コラム駆動部 504 はサドル部 505 に取付けられ、サドル部 505 はサドル駆動部 506 により X 軸方向へ駆動される。
。 25 ところで、電極駆動部 105 の駆動範囲は最大数百 μm ~ 1 mm くらいであり、加工を進めるうえでその駆動距離が不十分な場合がある

。そこで、電極駆動部 105 とヘッド駆動部 502、コラム駆動部 504、サドル駆動部 506 からなる位置調整部とを協調動作させ、加工用電極 101 と被加工物 102 の相対位置を調整することで、実質的な駆動範囲を拡大することが可能となる。

- 5 第 6 図は本発明の実施例 2 である放電加工装置での放電加工状態を制御するための極間制御系のブロック図である。第 6 図において、第 3 図と同じ符号は同一または相当を示し、その説明を省略する。601 は協調加工制御部、602 は位置調整装置部であり、従来の X Y Z 駆動装置部に相当する。Up1 は電極駆動装置部 309 への指令値、
- 10 Up s は位置調整装置部 602 への指令値、Mp は電極駆動装置部 309 および位置調整装置部 602 により操作される電極操作量を示す。電極駆動装置部 309 への指令値 Up1、位置調整装置部 602 への指令値 Up s は、偏差 e と加工軌跡ベクトル Rp により協調加工制御部 601 で求める。
- 15 すなわち、実施例 1 である放電加工装置における極間制御系では、加工制御部 305 で求められた指令値 Up に基づき電極駆動装置部 309 により加工用電極 101 の位置を調整することで加工プロセスを制御するのに対し、この実施の形態 2 である放電加工装置における極間制御系では、協調加工制御部 601 で求められた指令値 Up1 及び
- 20 Up s に基づき電極駆動装置部 309 及び位置調整装置部 602 により加工用電極 101 の位置を調整することで加工プロセスを制御するものである。位置調整装置部 602 は、例えば A C モータとボールネジやリニアモータにより構成することで数百 mm 以上の駆動範囲を容易に実現すること
- 25 ができる。したがって、電極駆動装置部 309 による加工用電極 101 の駆動範囲を超えるような加工においても、位置調整装置部 602

により電極駆動装置部 309 と被加工物 102 の相対位置を調整することにより、加工用電極 101 の駆動範囲を拡大することが可能である。

第 7 図は協調加工制御部 601 を詳しく示したブロック図である。

- 5 図中、603 は第 1 演算部、604 は第 2 演算部、605 は第 3 演算部である。第 1 演算部 603 において、電極駆動装置部 309 及び位置調整装置部 602 により加工プロセスを制御するため、目標値 r と検出値 y_m とから求められた偏差 e と加工軌跡ベクトル R_p から加工用電極 101 の駆動されるべき XYZ 座標系での指令値 U_p を求める
- 10 。第 2 演算部 604 において、指令値 U_p に基づき電極駆動装置部 609 への指令値 U_{p1} を求める。また、第 3 演算部 605 において、指令値 U_p に基づき位置調整装置部 602 への指令値 U_{ps} を求める。第 1 演算部 603、第 2 演算部 604、第 3 演算部 605 における処理は以下で詳しく説明する。

- 15 第 8 図は第 6 図に示した極間制御系の動作内容を示す。極間制御は、一般にマイクロコンピュータによるソフトウェア処理で実現され、第 8 図では k 回目の処理を示している。第 8 図において、S401 ~ S403 は実施例 1 に示したのと同じである。S401 は、第 6 図の加工状態検出部 302 での処理であり、放電加工プロセスの状態
- 20 量 y をたとえば極間平均電圧 $y_m(k)$ として検出する。次に、S402 では極間平均電圧 $y_m(k)$ と目標値 r から偏差 e を求める。S403 は、第 7 図の第 1 演算部 603 での処理に対応する。すなわち、偏差 $e(k)$ に対し比例 + 積分補償を行ない、補償して得られた量と加工軌跡ベクトル R_p から指令値 $U_p(k)$ を求める。ここで、 k
- 25 p は比例ゲイン、 k_i は積分ゲイン、 $U_p(k)$ は XYZ 軸方向のそれぞれの指令値であり、 $U_p(k)$ は直交座標系 (XYZ) で与えられ

る。S 7 0 1 は、第 7 図の第 2 演算部 6 0 4 及び第 3 演算部 6 0 5 での処理に対応する。すなわち、デジタルフィルタ $F_{pl}(z^{-1})$ により $U_p(k)$ にフィルタリングをして指令値 $U_{pl}(k)$ を求める処理は第 2 演算部 6 0 4 で行なわれる。また、デジタルフィルタ $F_{ps}(z^{-1})$ により $U_p(k)$ にフィルタリングをして指令値 $U_{ps}(k)$ を求める処理は第 3 演算部 6 0 5 で行なわれる。デジタルフィルタ $F_{ps}(z^{-1})$ およびデジタルフィルタ $F_{pl}(z^{-1})$ の特性は、電極駆動装置が加工状態を安定に制御しながら位置調整装置が加工の進行を補償できるように決定する。たとえば、デジタルフィルタ $F_{pl}(z^{-1})$ はカットオフ周波数が数 Hz 程度のローパスフィルタ特性、または数 Hz 程度から数百 Hz 程度が通過帯域となるバンドパスフィルタ特性、デジタルフィルタ $F_{ps}(z^{-1})$ はカットオフ周波数が数 Hz 程度のローパスフィルタ特性とする。なお、 $U_{pl}(k)$ および $U_{ps}(k)$ は XYZ 軸方向のそれぞれの指令値からなる。以上 S 4 0 3 および S 7 0 1 は、第 6 図の協調加工制御部 6 0 1 での処理である。S 7 0 2 は、第 6 図の電極駆動装置部 3 0 9 での処理、さらに厳密には第 3 図の電極駆動制御部 3 0 6 での処理に対応する。すなわち、S 7 0 2 では、 $U_{pl}(k)$ からラジアル方向およびスラスト方向への座標変換を行い、ラジアル方向およびスラスト方向それぞれの目標値 $R_m(k)$ を求める。次に、目標値 $R_m(k)$ とラジアル方向およびスラスト方向位置検出部からの検出値 $S_m(k)$ より偏差 $E_m(k)$ を求める。そして、偏差 $E_m(k)$ に対して比例 + 積分補償を行い電流アンプへの指令値 $U_c(k)$ を求める。ここで、 T は座標変換行列、 K_{pm} は比例ゲイン、 K_{im} は積分ゲインであり S 7 0 2 での演算は行列演算の形でまとめて記述している。以上のソフトウェア処理は、第 5 図における制御装置 5 0 8 において実現される。

以上のように、本発明の実施例 2 である放電加工装置では、電極駆動装置部 309 および位置調整装置部 602 とが協調して、加工用電極 101 の位置を調整することで加工プロセスを制御する協調制御器 601 とを有することにより、電極駆動装置部 309 により安定な加工状態を実現すると同時に位置調整装置部 602 により加工の進行に追従して電極駆動装置の位置を調整することで、電極駆動部の駆動距離の制限を受けることなく、加工速度の改善、さらには加工精度の向上を実現することができる。

10 以上は、電極駆動部 105 をヘッド駆動部 502、コラム駆動部 504、サドル駆動部 506 から成る位置調整部により X Y Z 軸方向へ駆動するように構成したが、コラム駆動部 504、サドル駆動部 506 に替えて被加工物 102 を X Y テーブルにより X Y 方向へ駆動すると共に、電極駆動部 105 をヘッド部 501 に取付け、ヘッド駆動部 502 により Z 軸方向へ駆動できるように構成してもよい。

15 また、以上は、極間制御のソフトウェア処理を一つのマイクロコンピュータで処理する場合を説明しているが、たとえば電極駆動装置部 309 における S702 の処理を別のマイクロコンピュータを用いて極間制御を実現してもよく、上記と同様の作用効果を奏する。

また、以上は、加工状態を平均極間電圧により検出することで極間制御系を構成した場合について説明したが、加工状態を放電パルスの無負荷時間により検出することで極間制御系を構成してもよい。

また、以上は、比例 + 積分補償を行った場合について説明したが、比例補償や比例 + 積分 + 微分補償などのフィードバック制御系やフィードフォワード制御系などを構成してもよい。

25 実施例 3

第 9 図は本発明の実施例 3 である放電加工装置での放電加工状態を

制御するための極間制御系の一部であり、実施例 2 に示したものと異なる協調加工制御部のブロック図である。第 9 図において、 e 、 R_p 、 $603 \sim 605$ 、 $Up1$ 、 Ups 、の機能は実施の形態 2 に示したものと同一である。801 は協調加工制御部、802 はジャンプ動作設定部、803 はジャンプ動作制御部、804 はジャンプ動作モードと加工サーボモードを切替えるためのモード切替え部である。

R_j はジャンプ動作設定部 802 により設定されたジャンプアップ距離、ジャンプダウン時間、ジャンプ速度などのジャンプ動作設定値、 U_j はジャンプ動作設定値 R_j に基づいてジャンプ動作制御部 803 により生成されるジャンプ軌跡指令値、 sw_j はジャンプモードと加工サーボモードを切り替えるためのモード切替え部 804 への信号、 c_j は電極駆動装置への指令値 $Up1$ をジャンプ動作モード中において一定に保持するための第 2 演算部 604 への信号である。すなわち、ジャンプ動作は位置調整装置部 602 により行ない、加工サーボモード時の加工制御は電極駆動装置部 309 および位置調整装置部 602 が協調して行なう。

以上のように、本発明の実施例 3 である放電加工装置では、実施例 2 である放電加工装置を構成する第 1 演算部 603、第 2 演算部 604、第 3 演算部 605 に加えてジャンプ動作制御部 803、ジャンプ動作と加工サーボを切り替えるためのモード切替え部 804 を有する協調加工制御部 801 及びジャンプ動作設定部 802 を有することにより、加工サーボモード時には実施の形態 2 である放電加工装置と同様に電極駆動装置部 309 および位置調整装置部 602 が協調して加工制御を行ない、ジャンプ動作モード時には位置調整装置部 602 によりジャンプ動作設定部 802 に設定されたジャンプ動作設定値 R_j に基づいたジャンプ動作を行なう。従って、高速応答が可能な電極駆

動装置部 309 により安定な加工状態を実現すると同時に位置調整装置部 602 により加工の進行に追従して電極駆動装置の位置を調整することで、電極駆動部の駆動距離の制限を受けることなく、加工速度の改善、加工精度の向上を実現することができる。さらに、電極駆動装置部 309 の駆動距離の制限を受けることなく、位置調整装置部 602 によるジャンプ動作により極間に滞在する加工屑を強制的に排出しながら加工することが可能であり、加工深さが深くなっても加工速度の改善、加工精度の向上を実現することができる。

実施例 4

10 第 10 図は本発明の実施例 4 である放電加工装置での放電加工状態を制御するための極間制御系の一部であり、実施例 2 に示したものと異なる協調加工制御部のブロック図である。第 10 図において、 e 、 $Up1$ 、 $Up2$ の意味するところは実施例 2 に示したものと同一である。901 は協調加工制御部、902 は揺動軌跡設定部、903 は揺動制御部、904 は加工軌跡設定部、905 は加工制御部である。

20 Rv は揺動軌跡設定部 902 で設定されている揺動軌跡ベクトル、 Rp は加工軌跡設定部 904 で設定されている加工軌跡ベクトル、 c は揺動軌跡と加工軌跡の同期をとるための信号である。揺動加工では、所定の深さに同期して加工電極 101 を数 μm ~ 数百 μm の大きさで、2 次元平面上で円状や四角状などに拡大運動をさせたり、また所定の位置にて 3 次元曲面上で拡大運動をさせる。揺動軌跡設定部 902 には数 μm ~ 数百 μm の拡大運動からなる揺動軌跡ベクトル Rv が設定され、加工軌跡設定部 904 には加工用電極 101 を所定の深さ、あるいは所定の位置に移動させるための加工軌跡ベクトル Rp が
25 設定される。

そして、偏差 e と揺動軌跡ベクトル Rv により揺動制御部 903 で

電極駆動装置部 309 への指令値 U_{p1} を求め、電極駆動部により加工用電極に拡大運動をさせ、安定な加工状態を維持しながら、揺動加工を実現する。また、偏差 e と加工軌跡ベクトル R_p より加工制御部 904 で位置調整装置部 602 への指令値 U_{ps} を求め、安定な加工状態を維持しながら所定の深さ、あるいは所定の位置に移動する。この時、揺動制御部 903 と加工制御部 904 は信号 c_v により同期を取る。

以上のように、本発明の実施例 4 である放電加工装置では、揺動制御部 903、加工制御部 905 を有する協調加工制御部 901、揺動軌跡設定部 902、および加工軌跡設定部 904 を有することにより、位置調整装置部 602 により加工軌跡設定部 904 に設定されている加工軌跡ベクトル R_p に基づいて加工用電極 101 の位置を調整すると共に高速応答が可能な電極駆動装置部 309 により揺動軌跡設定部 902 で設定されている揺動軌跡ベクトル R_v に基づいて揺動運動を行うことができる。したがって、高速応答が可能な電極駆動装置部 309 により安定な加工状態を維持した揺動運動を実現することが可能となり、加工速度の改善、加工精度の向上を実現することができる。

以上、協調加工制御部 901 に揺動制御部 903 を設けて、電極駆動部により揺動加工を行うようにしたが、揺動制御部 903 と実施例 3 で説明したジャンプ動作制御部 803 とを同時に協調加工制御部 901 に設け、位置調整部によりジャンプ動作を行いながら揺動加工を行うよう構成してもよい。

実施例 5

第 11 図は本発明の実施例 5 である放電加工装置における電極駆動部を表す概略構成図である。第 11 図において、106～117 は実

施例 1 に示したものと同一である。1001 は電極取付け部 106 を回転させるためのモータ部、1002 はモータ部 1001 に回転トルクを与える電磁石部、1003 は電極取付け部 106 の回転角度と回転角速度のうち少なくとも 1 つあるいは両方を検出する回転検出部、

5 1004 は電極駆動部である。以上のように、モータ部 1001 及び電磁石部 1002 により回転駆動部を構成する。

第 12 図は第 11 図に示す電極駆動部を有する放電加工装置での極間制御系の一部であり、実施例 1 の第 3 図に示す電極駆動装置部 309 と異なる電極駆動装置部のブロック図である。第 12 図において、

10 Up、Mp、306、307、Uc、Sm の意味するところは実施例 1 に示したものと同一である。1101 は電極駆動装置部、1102 は回転設定部、1103 は回転制御部、1104 は電流アンプである。1105 は第 11 図の電極駆動部 1004 に対応する。第 12 図において、Rr は回転角度と回転角速度のうち少なくとも一つまたは両

15 方の回転設定値、Sr は回転検出部 1003 により検出される検出値、Ur は電流アンプへの指令値である。

今、回転設定部 1102 により、加工用電極 101 の回転角度 Rr が設定されたとする。回転制御部 1103 は、回転検出部 1003 で検出された検出値 Sr が設定値 Rr と一致するように電流アンプ 11

20 04 への指令値 Ur を決定し、加工用電極 101 を所定の角度だけ回転させる。また、回転設定部 1102 により加工用電極 101 の回転角速度 Rr が設定された場合、回転制御部 1103 は、回転検出部 1003 で検出された検出値 Sr が設定値 Rr と一致するように電流アンプ 1104 への指令値 Ur を決定し、加工用電極 101 の回転角速度

25 度を制御する。

以上のように、本発明の実施例 5 である放電加工装置では、実施例

1 である放電加工装置の電極駆動部 105 及び電極駆動装置部 309
の構成に加えて、電極取付け部 106 を回転させるためのモータ部 1
001、モータ部 1001 に回転トルクを与える電磁石部 1002、
電極取付け部 106 の回転角度と回転角速度のうち少なくとも一つま
5 たは両方を検出する回転検出部 1003 とから構成される電極駆動部
1004 と、回転設定部 1102、回転制御部 1103、電流アンプ
1104 とから構成される電極駆動装置部 1101 とを有することによ
り、回転設定部 1102 により設定された回転角度 R_r に基づいて
加工用電極 101 を所定の角度だけ回転させたり、回転設定部 110
10 2 により、設定された回転角速度 R_r に基づいて加工用電極 101 の
回転角速度を制御することができる。すなわち、加工用電極 101 の
回転位置割り出しや、加工用電極 101 を回転させながらの加工を実
現することができると共に、高速応答が可能な電極駆動装置部 110
1 により安定な加工状態を維持することができ、加工速度の改善、加
15 工精度の向上を実現することができる。

以上の電極駆動装置部 1101 は、実施の形態 2、3 及び 4 である
放電加工装置における電極駆動装置部に替えて放電加工装置を構成し
てもよい。

実施例 6

20 第 13 図は本発明の実施例 6 である放電加工装置の概略を表す構成
図である。第 13 図において、102～104 は従来例に示したもの
と同じである。また、111～113、119～122 は実施例 1 に
示したものと同一である。また、1501 はワイヤ状加工用電極、1
502 はワイヤ状加工用電極 1501 を通すための貫通穴部、150
25 3 はワイヤ状加工用電極 1501 を保持あるいは送るための電極保持
／送り部、1504 はワイヤ状加工用電極 1501 をガイドする電極

ガイド、1505は先端に電極保持／送り部1503を持ち貫通穴部1502を中央に有する電極取付け部、1506は加工用電源119から加工エネルギーを供給するための給電部、1507および1508は電極取付け部1505をXY平面で支持するための軸受け部、1509は電極保持／送り部1503とスラスト電磁石部111及び112よりなる電極駆動部、1510は電極駆動部1509の電磁石部111および112へ電流を供給するための電流アンプ、1511は電極保持／送り部1503へ電流を供給するための電流アンプである。

第13図に示した放電加工装置は、ワイヤ状加工用電極1501を用いて、穴加工を連続的に効率よく行うことができる。すなわち、まずワイヤ状加工用電極1501を貫通穴部1502へ供給する。電極保持／送り部1503によりワイヤ状加工用電極1501を送り、電極先端を所定量だけ電極ガイド1504より送出した状態で電極を保持する。この状態で、加工用電源119よりワイヤ状加工用電極1501と被加工物102に加工エネルギーを供給し、加工状態検出装置120と電極駆動部1509と制御装置121により極間制御を行いながら加工を行う。放電加工では一つの穴加工を行う毎にワイヤ状加工用電極1501が消耗し、電極ガイド1504より突き出した電極の長さが短くなる。したがって、電極ガイド1504より突き出した電極長さが次の穴加工を行うに十分な長さにならない時は、電極保持／送り部1503により再びワイヤ状加工用電極1501を送り、電極先端を所定量だけ電極ガイド1504より送出した状態で電極を保持し、次の穴加工を行う。第14図は第13図に示す放電加工装置での放電加工状態を制御するための極間制御系、および電極供給制御系のブロック図である。

第14において、第3図と同じ符号は同一または相当を示し、その

説明を省略する。1601は加工軌跡設定部、1602は加工制御部、1603はスラスト駆動制御部、1604は電流アンプ部、1605はスラスト駆動部、1606はスラスト駆動制御部1603と電流アンプ部1604とスラスト駆動部1605とからなるスラスト駆動装置部、1607は電極供給量設定部、1608は電極供給制御部、1609は電流アンプ部、1610は電極保持／送り部、1611は電極供給量設定部1607と電極供給制御部1608と電流アンプ部1609と電極保持／送り部1610とからなる電極保持／送り装置部である。電流アンプ部1604は電流アンプ1510に、スラスト駆動部1605は電極駆動部1509から電極保持／送り部1503を除いた駆動部に、電流アンプ部1609は電流アンプ1511に、電極保持／送り部1610は電極保持／送り部1503にそれぞれ対応している。また、目標値設定部303、加工軌跡設定部1601、加工制御部1602、スラスト駆動制御部1603、電極供給量設定部1607、電極供給制御部1608は、制御装置121に構成される。また、 r_p は加工軌跡設定部1601で設定された加工深さ、 z_p はスラスト駆動制御部1603への位置指令値、 U_{mc} は電流アンプ部1604への電流指令値、 I_{mc} はスラスト駆動部1605へ供給される電流量、 S_{mm} はスラスト駆動部1606から得られる位置検出値、 r_l は電極供給量設定部1607で設定された電極供給量、 U_{sc} は電流アンプ部1609への電流指令値、 I_{sc} は電極保持／送り部1610へ供給される電流量、 S_{sm} は電極保持／送り部1610から得られる位置検出値、 M_p はスラスト駆動部1605および電極保持／送り部1610により操作される電極位置操作量を示す。

25 スラスト駆動装置部1605におけるスラスト駆動制御部1603への位置指令値 z_p は、偏差 e と加工軌跡 r_p より加工制御部160

2で求められる。位置指令値 z_p は、加工軌跡 r_p が加工深さは直交座標系(XYZ)で与えられるため、同じ直交座標系(XYZ)となる。また、位置検出値 S_{mm} はスラスト方向(z方向)の検出値である。また、スラスト駆動部1605では、第13図に示すように2個
5のスラスト電磁石により加工用電極を駆動する。したがって、スラスト駆動制御部1603では、位置指令値 z_p と位置検出値 S_{mm} と比較し、電流アンプ部1604への電流指令値 U_{mc} を求める。電流指令値 U_{mc} はスラスト電磁石部111および112用の2台の電流アンプに与えられる。

10 一方、電極保持/送り装置部1611における電流アンプ部1609への電流指令値 U_{sc} は、電極供給制御部1608により電極供給量設定部1607から得られる電極供給量 r_l と電極保持/送り部1610から得られる位置検出値 S_{sm} を参照しながら電極保持あるいは送りの状況に応じて求められ、その指令値にしたがって電流量 I_{sc}
15 c が電極保持/送り部1610へ供給される。

第15図は、第14図に示した電極供給制御系の動作内容を示すフロー図である。電極供給制御系は、一般にマイクロコンピュータによるソフトウェア処理で実現される。なお、第14図に示した極間制御系の動作内容は実施例1におけるスラスト方向の制御と同様であるため説明を省略する。第15図において、S1701では現在、電極送りモードであるか電極保持モードであるかを判断する。電極保持モードの場合にはS1705において加工用電極を保持した状態を維持する。電極送りモードの場合にはS1702において加工用電極の先端が電極ガイド1504よりどれだけ突き出しているかを測定、または
20 推定する。測定する場合は、たとえば電極先端をある規準位置と接触するまでスラスト駆動装置部1606により駆動することで、最初の

位置とその駆動量より求めることができる。また、推定する場合には、あらかじめ使用する加工条件における電極消耗量を実測しておけば電極供給量 r_1 から消耗量を差し引くことで求められる。S 1 7 0 3 では S 1 7 0 2 で得られた値 a_1 と電極供給量 r_1 より実際に電極を送り出すべき量を求め、S 1 7 0 4 ではその求められた量だけ加工用電極を電極保持／送り部 1 6 1 0 により送り出す。そして、S 1 7 0 5 では加工用電極を保持する。

以上のように、この発明の実施例 6 である放電加工装置では、電極駆動部 1 5 0 9 によれば、ワイヤ状加工用電極 1 5 0 1 を保持する電極保持／送り部 1 5 0 3 と電極取付け部 1 5 0 5 をスラスト電磁石部 1 1 1 およびスラスト電磁石部 1 1 2 によりスラスト方向に非接触に駆動するように構成したので、ワイヤ状加工用電極 1 5 0 1 と同時に駆動しなければならない部分の質量増加をおさえることができる。そして、スラスト方向の高応答性を実現することが可能となり、加工状態が不規則に変動している場合にも常に安定な加工状態を維持することができる。したがって、加工速度の改善、さらには加工精度の向上を実現することができる。さらに、電極保持／送り部 1 5 0 3 によれば、ワイヤ状加工用電極 1 5 0 1 を自動的に保持あるいは送ることができるため、穴加工を連続的に効率よく行うことができる。

第 1 6 図は本発明の実施例 6 である別の放電加工装置の特徴ある部分の概略を表す構成図である。第 1 6 図において、1 8 0 1 はワイヤ状加工用電極 1 5 0 1 を巻いたボビン、1 8 0 2 はワイヤ状加工用電極 1 5 0 1 を送出するための加工電極供給部、1 8 0 3 はワイヤ状加工用電極 1 5 0 1 を適切な長さで切断するための電極切断部である。連続的に加工を行い、ワイヤ状加工用電極 1 5 0 1 が消耗して短くなると、加工電極供給部によりワイヤ状加工用電極 1 5 0 1 がボビン 1 8

01から自動的に貫通穴部1502へ挿入され、所定の長さを送出した後に電極切断部1803により切断される。そして、次の加工に備えて電極保持／送り部1503により所定の長さだけ電極を電極ガイド1504より送出した状態で電極を保持する。

5 以上のように、この発明の実施例6である別の放電加工装置では、ワイヤ状加工用電極を巻いたボビン1801と加工電極供給部1802と電極切断部1803により加工用電極の自動供給を可能とし、加工用電極が消耗した時の電極交換を自動で行うことができ、連続した穴加工の自動化を行うことができる。

10 以上は、電極駆動部1509によりワイヤ状加工用電極1501をスラスト方向に非接触に駆動するように構成したが、実施例2である放電加工装置のように電極駆動部1509の位置をX軸方向、Y軸方向、Z軸方向へ調整できる位置調整部と組み合わせてもよく、上記と同様の効果を奏するとともに実質的な駆動範囲を拡大することが可能となる。

また、以上は、電極駆動部1509によりワイヤ状加工用電極1501をスラスト方向に非接触に駆動するように構成したが、実施の形態5である放電加工装置のように電極取付け部1505を回転させるための回転駆動部を設けてもよく、上記と同様の効果を奏するとともに
20 に穴加工の場合に電極を回転させながら加工を行うことでより安定な加工を実現できる。

産業上の利用性

本発明は放電加工装置に適用され、加工用電極と同時に駆動しなければならぬ部分の質量増加をおさえ、X軸、Y軸、Z軸の高速応答性を実現することにより、加工速度、加工精度を改善することができ、
25

例えば穴加工には有効に利用することが可能である。

請 求 の 範 囲

1. 加工用電極を取付ける電極取付け手段と、電極取付け手段をラジアル方向に非接触に駆動するラジアル方向駆動手段及び電極取付け手段をスラスト方向に非接触に駆動するスラスト方向駆動手段を有する
- 5 電極駆動手段と、放電加工状態を検出する加工状態検出手段と、放電加工状態の制御目標を設定する目標値設定手段と、加工軌跡を設定する加工軌跡設定手段と、加工状態検出手段により検出された検出値が目標値設定手段により設定された目標値に一致するように、加工軌跡設定手段で設定された加工軌跡を考慮しながら電極駆動手段により加工
- 10 用電極の位置を調整する加工制御手段とを備えた放電加工装置。

2. 加工用電極を取付ける電極取付け手段と、電極取付け手段をラジアル方向に非接触に駆動するラジアル駆動手段及び電極取付け手段をスラスト方向に非接触に駆動するスラスト駆動手段を有する電極駆動
- 15 手段と、電極駆動手段または被加工物の位置を調整する位置調整手段と、放電加工状態を検出する加工状態検出手段と、放電加工状態の制御目標を設定する目標値設定手段と、加工軌跡を設定する加工軌跡設定手段と、加工状態検出手段により検出された検出値が目標値設定手段により設定された目標値に一致するように、加工軌跡設定手段で設
- 20 定された加工軌跡を考慮しながら電極駆動手段と位置調整手段とを協調させて加工用電極と被加工物との相対位置を調整する協調加工制御手段とを備えた放電加工装置。

3. 協調加工制御手段は、位置調整手段によりジャンプ動作を行うためのジャンプ動作制御手段を有する請求項2に記載の放電加工装置
- 25 。

4. 協調加工制御手段は、電極駆動手段により揺動動作を行う揺動動作制御手段を有する請求項 2 に記載の放電加工装置。

5. 協調加工制御手段は、位置調整手段によりジャンプ動作を行うためのジャンプ動作制御手段と、電極駆動手段により揺動動作を行うための揺動動作制御手段とを有する請求項 2 に記載の放電加工装置。

6. 電極駆動手段は、電極取付け手段を回転させるための回転駆動手段と、回転角度と回転角速度のうち少なくとも一つまたは両方を検出する回転検出手段とを有し、上記加工制御手段又は上記協調加工制御手段は回転制御手段を有する請求項 1 又は 2 のいずれかに記載の放電加工装置。

7. 加工用電極を取付ける電極取付け手段をラジアル方向に非接触に駆動すると共に電極取付け手段をスラスト方向に非接触に駆動し、駆動するための手段又は被加工物の位置を調整し、検出された放電加工状態の検出値が、設定された放電加工状態の目標値に一致するように、設定された加工軌跡を考慮しながら、被加工物に対する加工用電極の位置を調整するようにした放電加工方法。

20

8. 加工用電極を取付ける電極取付け手段をラジアル方向に非接触に駆動すると共に電極取付け手段をスラスト方向に非接触に駆動し、駆動するための手段又は被加工物の位置を調整し、検出された放電加工状態の検出値が、設定された放電加工状態の目標値に一致するように、設定された加工軌跡を考慮しながら、上記駆動と上記調整の各手段を協調させて、被加工物に対する加工用電極の位置を調整するように

25

した放電加工方法。

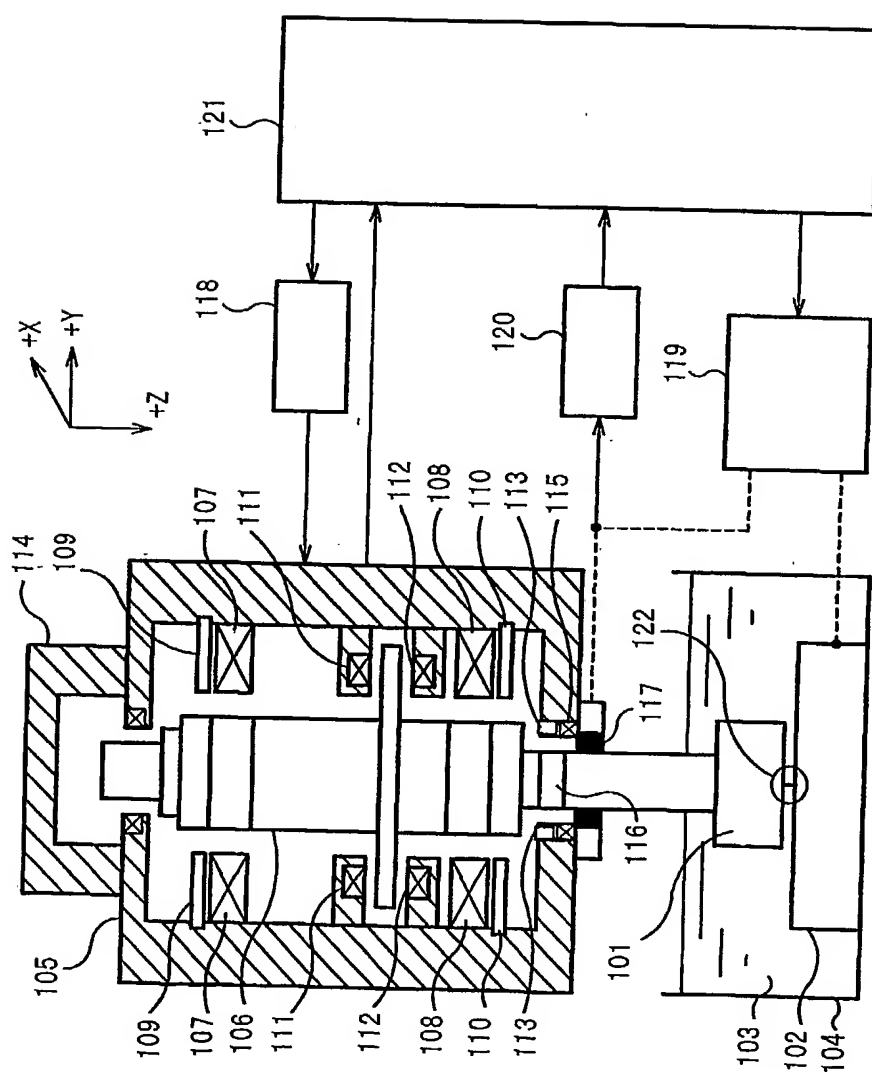
9. ワイヤ状加工用電極を通すための貫通穴を有し、該電極の保持および送り機構を有する電極取付け手段と、該電極取付け手段をすくなくともスラスト方向に非接触に駆動するスラスト方向駆動手段とを有する電極駆動手段と、放電加工状態を検出する加工状態検出手段と、放電加工状態の制御目標を設定する目標値設定手段と、該加工状態検出手段により検出された検出値が該目標値設定手段により設定された目標値に一致するように該電極駆動手段により該加工用電極の位置を調整する加工制御手段と、該電極の保持あるいは送りを調整する電極供給制御手段とを有することを特徴とする放電加工装置。
- 10

10. 上記電極駆動手段が有する貫通穴へワイヤ状加工用電極を自動で供給する加工電極自動供給手段を有する請求項9に記載の放電加工装置。
- 15

11. 上記電極駆動手段は、上記電極取付け手段を回転させるための回転駆動手段を有する請求項9または請求項10に記載の放電加工装置。

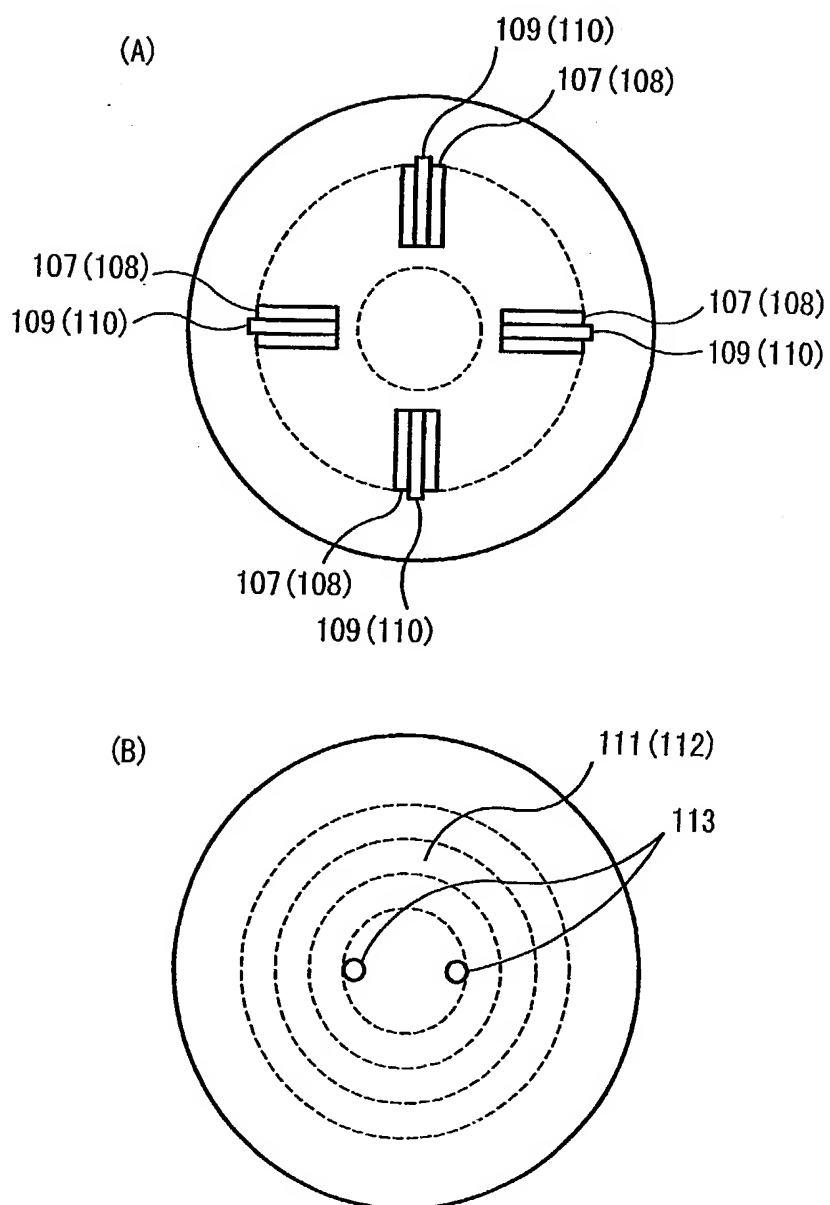
1/18

第1図



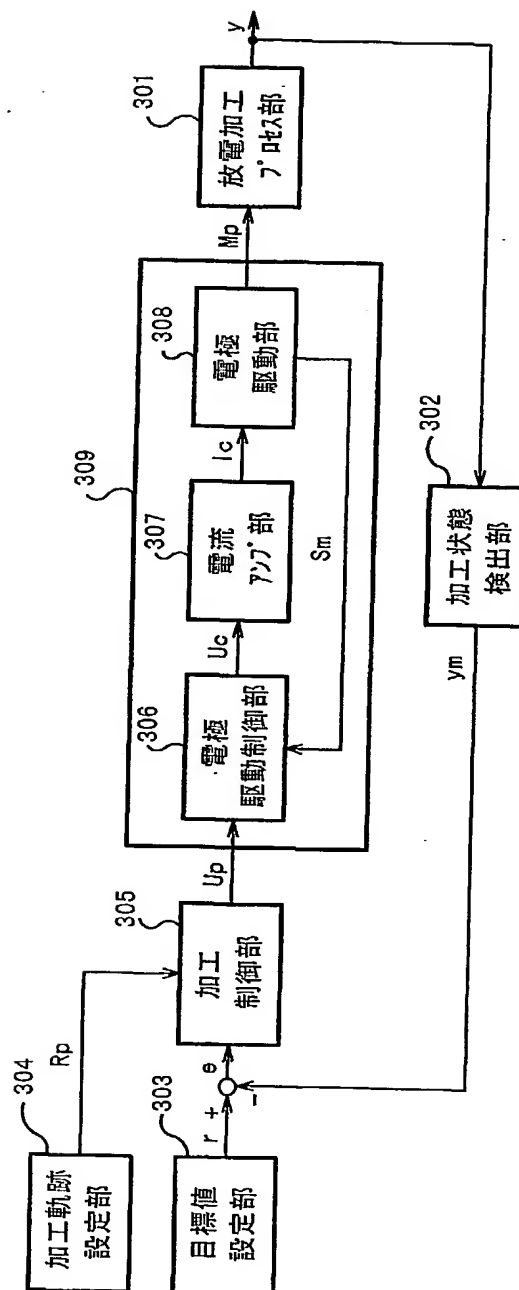
2 / 18

第2図



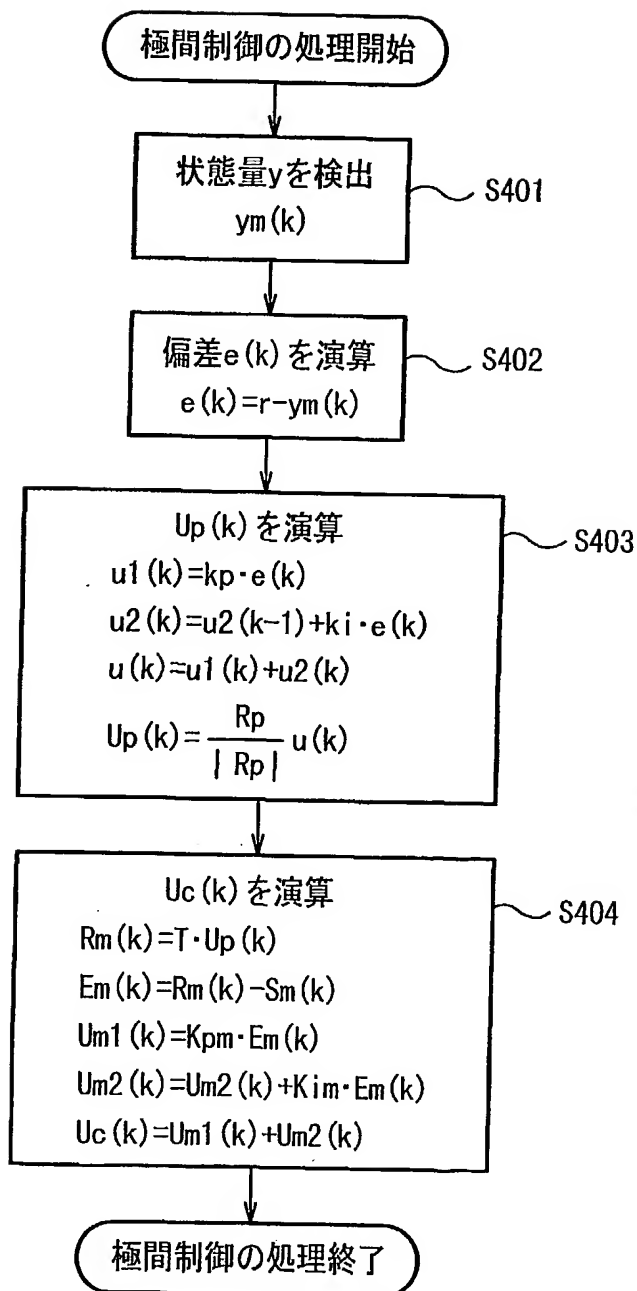
3/18

第3図

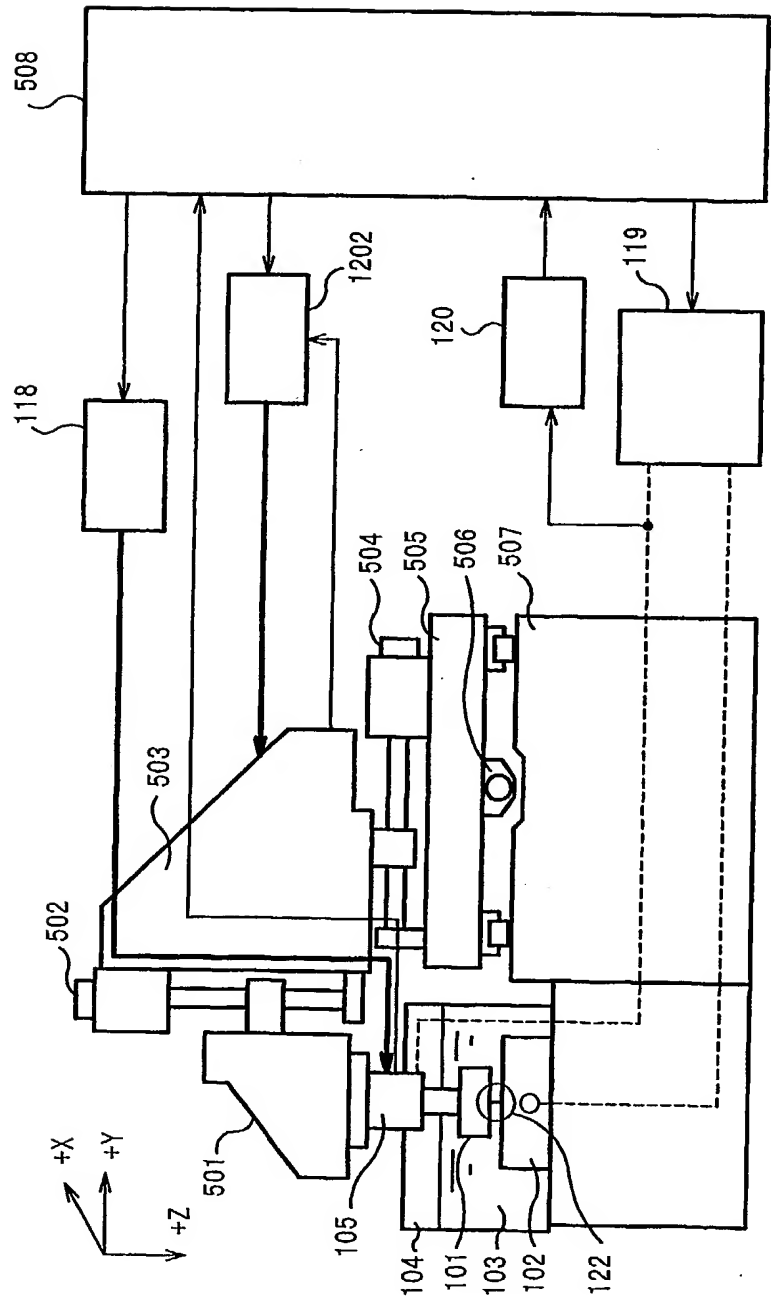


4 / 18

第4図

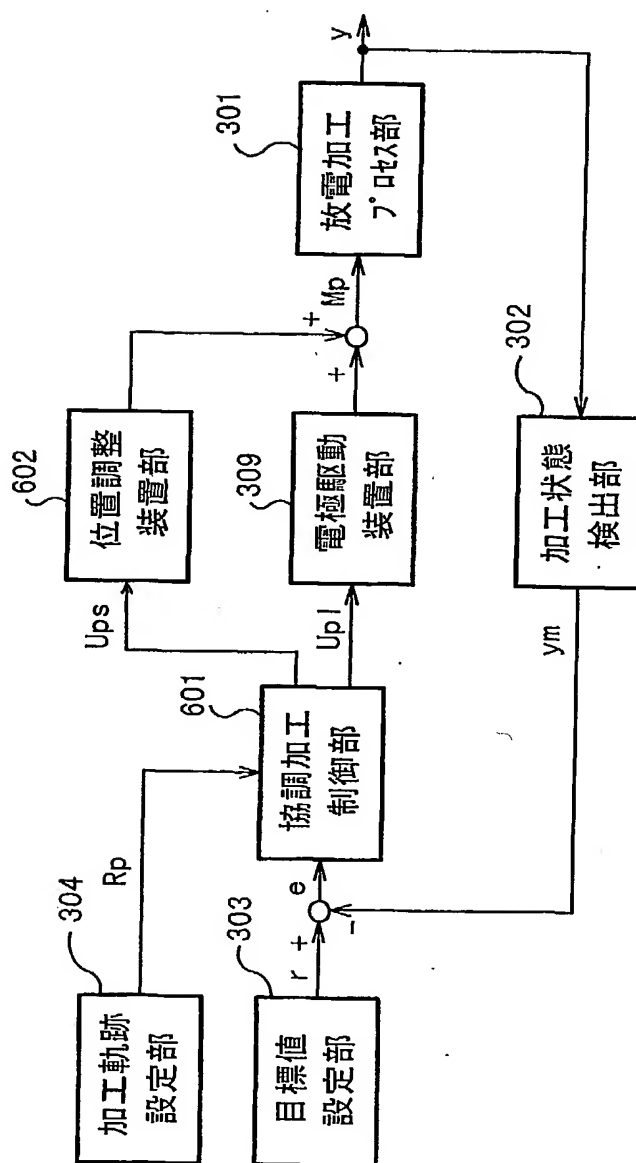


第5図



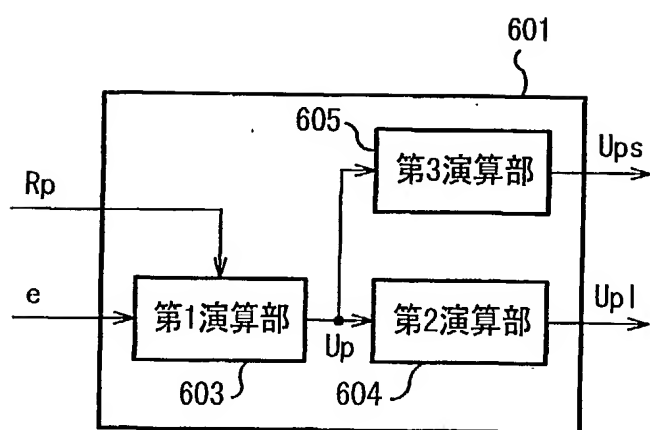
6/18

第6図



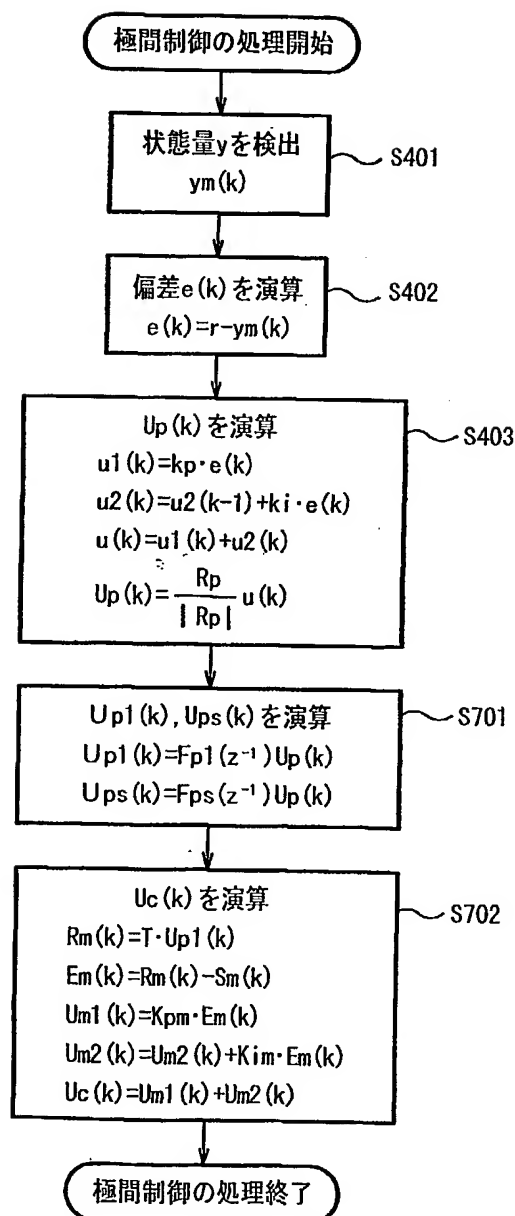
7/18

第7図



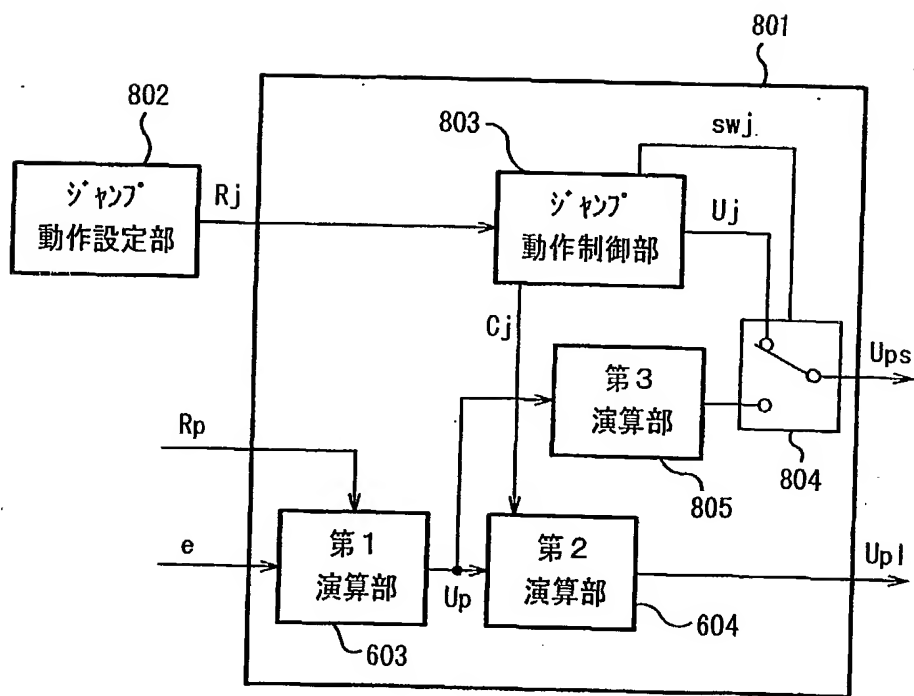
8 / 18

第8図



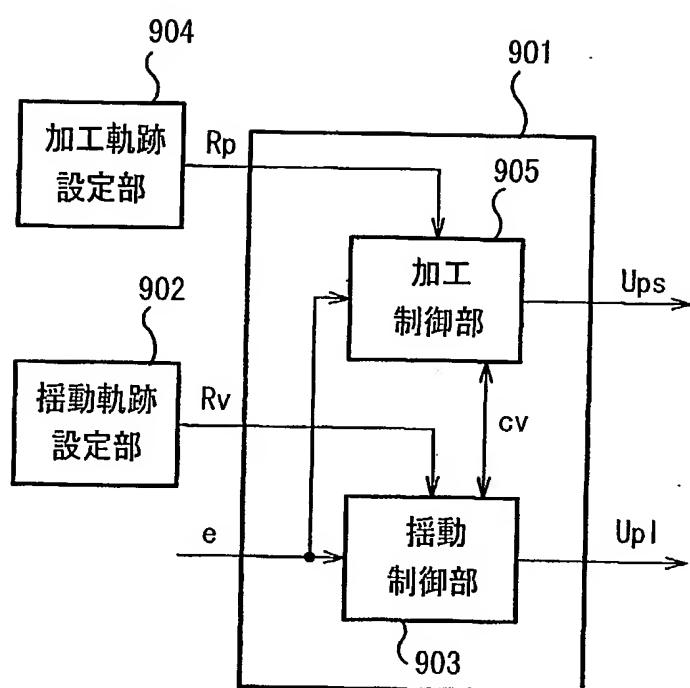
9/18

第9図



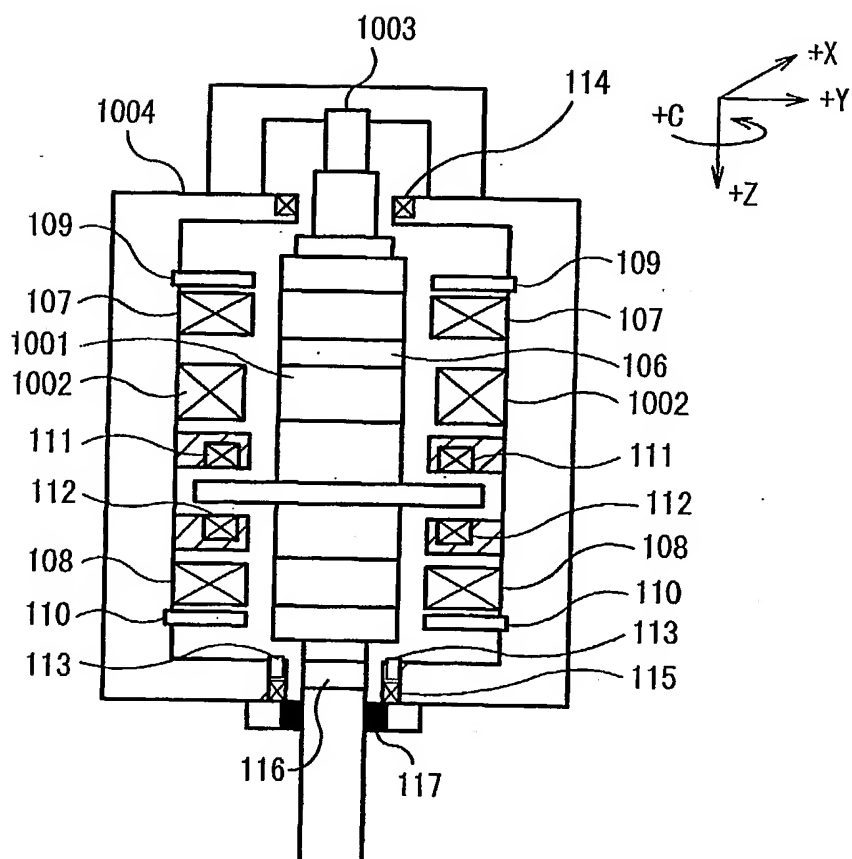
10/18

第10図



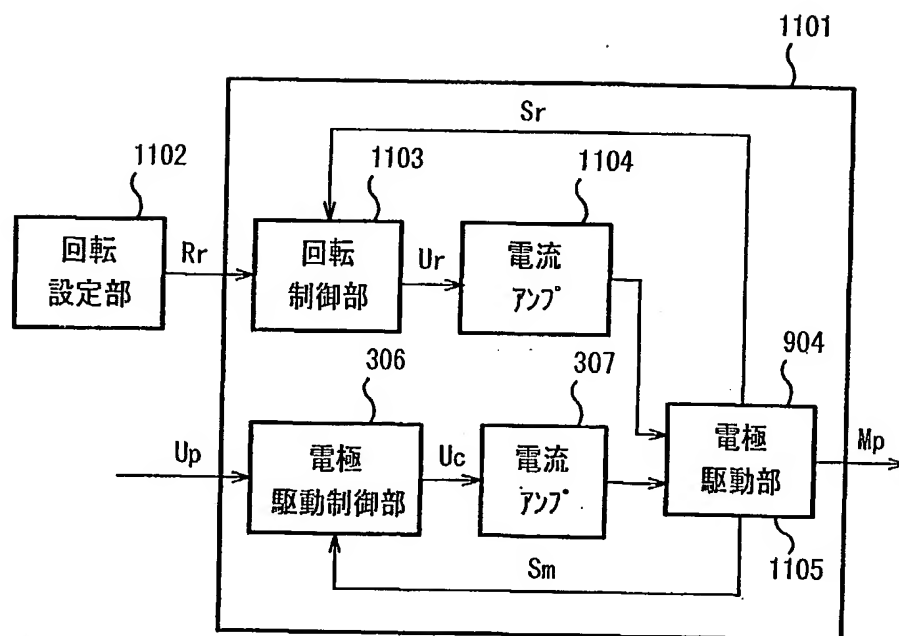
11/18

第 11 図



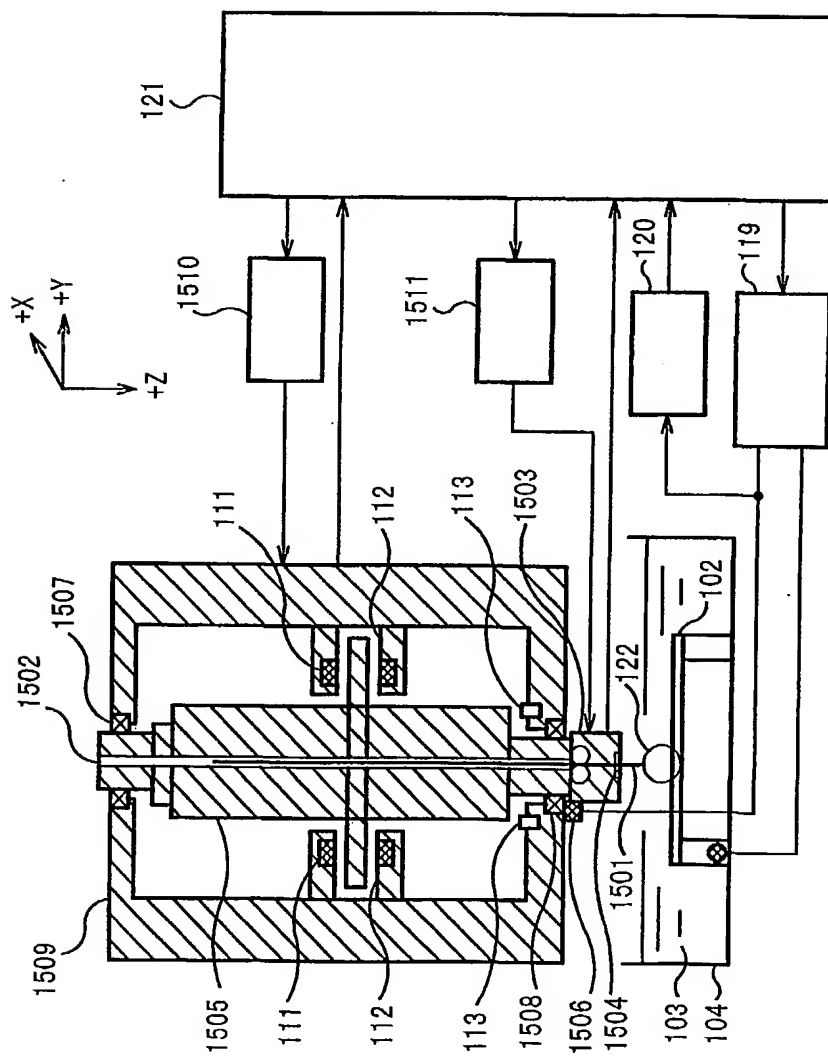
12/18

第12図



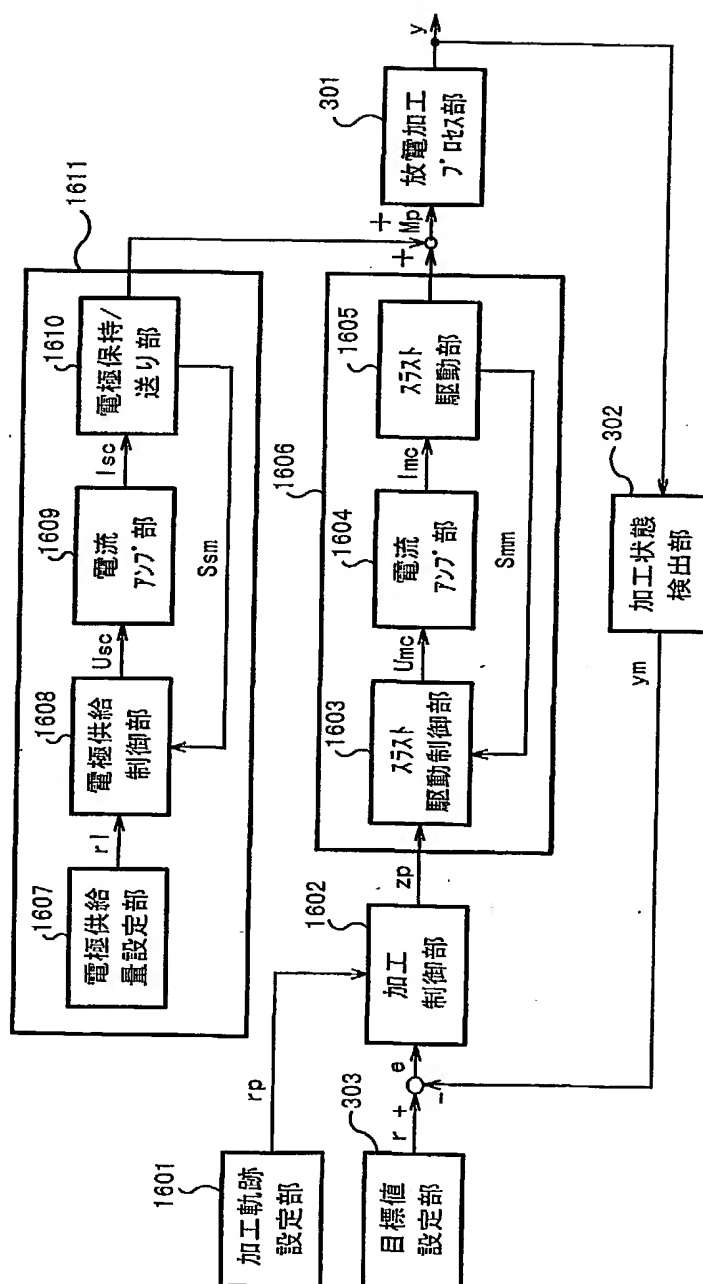
13/18

第13図



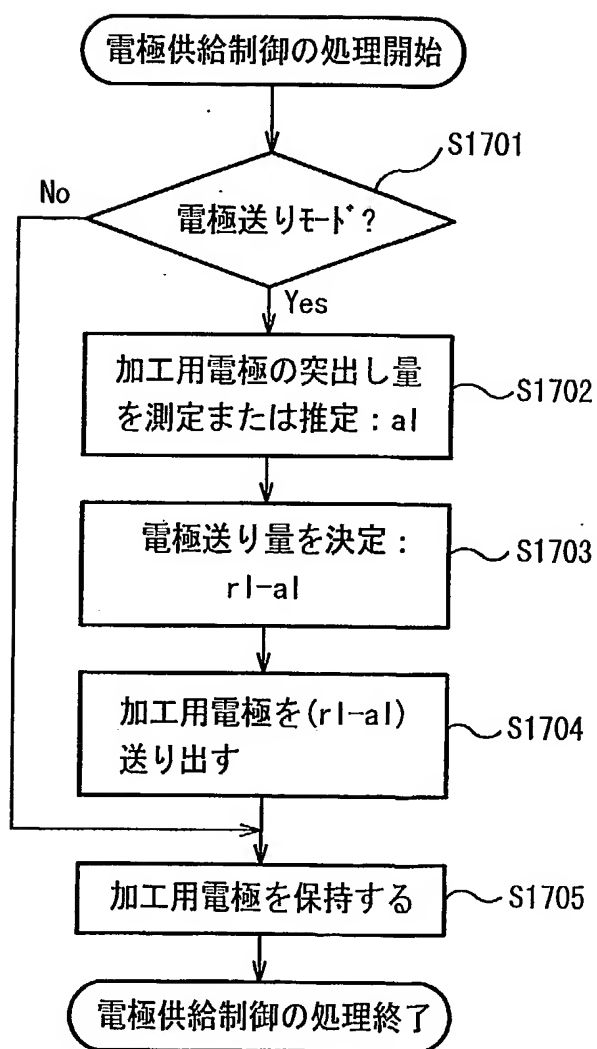
14/18

第14図



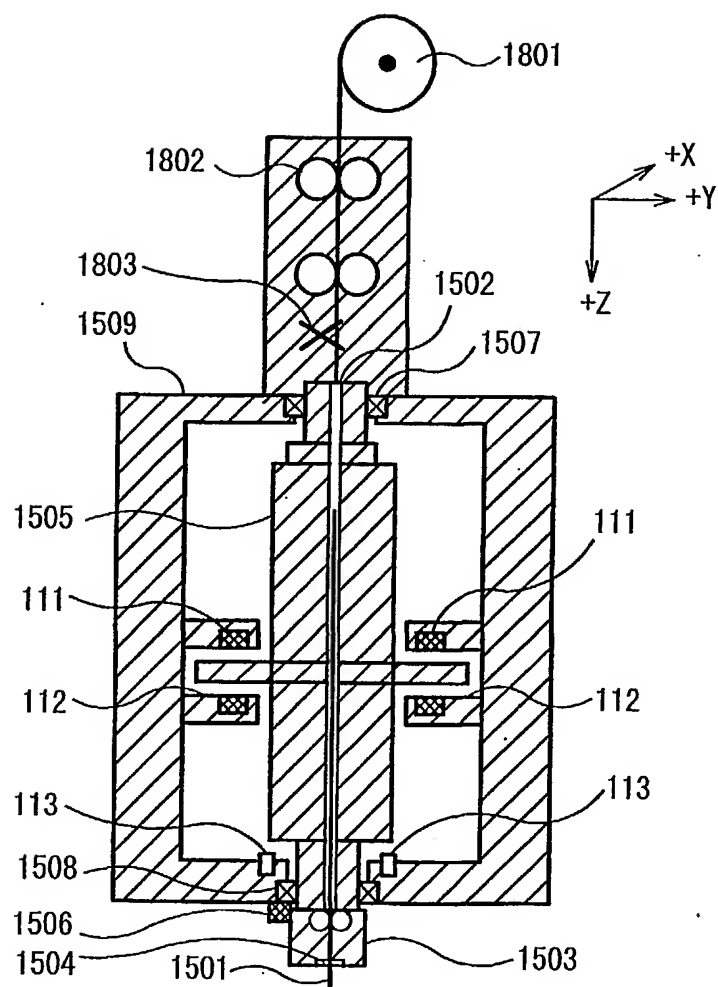
15/18

第15図



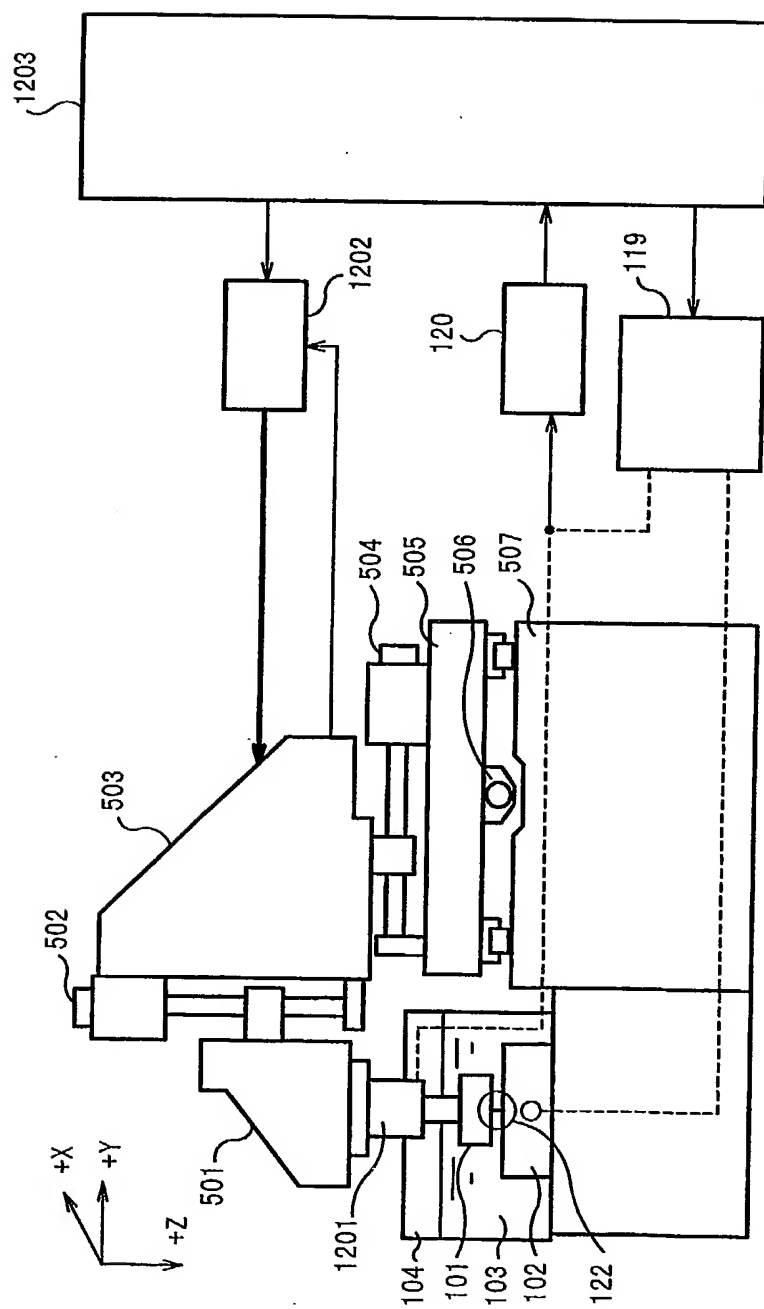
16/18

第16図



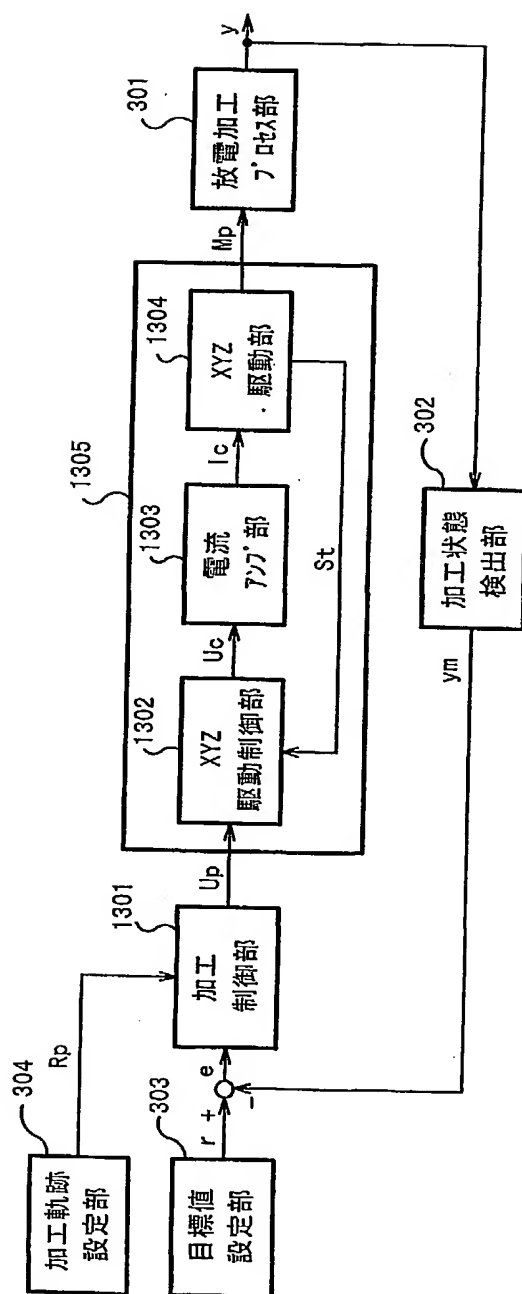
17/18

第17図



18/18

第18図



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP01/08146

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl.⁷ B23H7/32

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl.⁷ B23H7/18, B23H7/26-32

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1926-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2001
 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2001 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2001

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
JICST FILE (JOIS)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 2000-218442 A (Mitsutoyo Corporation), 08 August, 2000 (08.08.00), page 4, left column, lines 14 to 18, 34 to 39 (Family: none)	9-11 1-8
Y	JP 6-143043 A (Murata Mfg. Co., Ltd.), 24 May, 1994 (24.05.94), page 3, left column, lines 26 to 47 (Family: none)	9-11
A	JP 6-8058 A (Fanuc Ltd.), 18 January, 1994 (18.01.94), page 3, right column, lines 37 to 44 (Family: none)	1-8
A	JP 2000-192958 A (Matsushita Electric Ind. Co., Ltd.), 11 July, 2000 (11.07.00), page 2, right column, lines 38 to 42 (Family: none)	1-8
A	JP 6-55347 A (Seiko Seiki Co., Ltd.), 01 March, 1994 (01.03.94), page 3, left column, lines 35 to 45 (Family: none)	1-8

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.
 ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	understand the principle or theory underlying the invention
"B" earlier document but published on or after the international filing date	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	"&" document member of the same patent family
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 26 November, 2001 (26.11.01)

Date of mailing of the international search report 04 December, 2001 (04.12.01)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office


Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

国際調査報告

国際出願番号 PCT/JPO1/08146

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC)) Int. C1 ⁷ B23H7/32		
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC)) Int. C1 ⁷ B23H7/18 B23H7/26-32		
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1926-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2001年 日本国実用新案登録公報 1996-2001年 日本国登録実用新案公報 1994-2001年		
国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語) JICSTファイル (JOIS)		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y, A	JP 2000-218442 A (ミットヨ) 8. 8月. 2000 (08. 08. 00), 第4頁, 左欄, 第14-18, 34-39行 (ファミリーなし)	9-11, 1-8
Y	JP 6-143043 A (株式会社村田製作所) 24. 5月. 1994 (24. 05. 94), 第3頁, 左欄, 第26-47行 (ファミリーなし)	9-11
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー 「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す) 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願		
の日の後に公表された文献 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」 同一パテントファミリー文献		
国際調査を完了した日 26. 11. 01	国際調査報告の発送日 04. 12. 01	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/JJP) 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	特許庁審査官 (権限のある職員) 加藤昌人	 3P 3117 電話番号 03-3581-1101 内線 3362

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP 6-8058 A (ファナック株式会社) 18. 1月. 1994 (18. 01. 94) , 第3頁, 右欄, 第37-44行 (ファミリーなし)	1-8
A	JP 2000-192958 A (松下電器産業株式会社) 11. 7月. 2000 (11. 07. 00) , 第2頁, 右欄, 第38-42行 (ファミリーなし)	1-8
A	JP 6-55347 A (セイコー精機株式会社) 1. 3月. 1994 (01. 03. 94) , 第3頁, 左欄, 第35-45行 (ファミリーなし)	1-8